

Titulació:

Màster Universitari en Enginyeria Industrial (MUEI)

Alumne:

Aitor Banús Parra

Enunciat TFM:

Estudi de les condicions de confort per a la gent gran en diverses estances del centre residencial Sagrada Família de Sanitas

Director/a del TFM:

Nuria Forcada Matheu

Codirector/a del TFM:

Blanca Tejedor Herran

Convocatòria de lliurament del TFM:

Quadrimestre de primavera 2019



Agraïments

A la Doctora Núria Forcada Matheu i a la Doctora Blanca Tejedor Herran per tot el suport, ajut i coneixements que m'han donat durant la realització d'aquest treball de fi de màster, sense els quals hagués estat difícil finalitzar-lo amb èxit.

A la meva família i amics que m'han recolzat durant tota la realització del mateix.

Resum

L'envelliment de la població és un fenomen que afecta la major part dels territoris europeus. Aquesta tendència explica la creixent demanda de serveis d'atenció a llarg termini, com són les residències per a gent gran. Així, com que les persones grans passen una gran part del temps a l'interior de les residències, el seu benestar i confort tèrmic no es pot ignorar.

Amb aquest estudi es pretén analitzar el confort tèrmic durant els mesos d'hivern a la residència de gent gran de Sanitas Sagrada Família de Barcelona. S'analitza quines són les condicions amb les que els residents presenten un confort tèrmic més adequat.

Per tal d'acomplir amb l'objectiu de l'estudi es realitza una campanya experimental durant tres dies on es monitoritza la temperatura del globus, la temperatura radiant, la temperatura ambient, la humitat relativa i la velocitat de l'aire interiors de quatre sales del centre de 10h a 17h. S'enquesten a 165 residents del centre i 30 no residents per tal d'avaluar la seva sensació tèrmica, preferència i acceptabilitat, així com el nivell d'aïllament tèrmic de la roba i nivells d'activitat dels mateixos.

En general s'observa que la gent gran presenta menys sensibilitat envers als canvis de temperatura. Es proposa un model de confort tèrmic que relacioni la temperatura de confort amb la temperatura exterior (model adaptatiu) que presenta menys pendent que els proposats per les normatives ASHRAE-55:2010 i EN-15251:2008.

Es demostra que els models de confort tèrmic existents no s'adeqüen al comportament de la gent gran. Tot i això s'ha de continuar estudiant aquest segment de la població, ja que el present estudi es realitza sobre una mostra de 165 residents i únicament durant el període d'hivern.

Abstract

The aging of the population is a phenomenon that affects most of the European territories. This tendency explains the growing demand for long-term care services, such as residential homes for the elderly. Thus, as elderly people spend a large part of the time inside the residences, their well-being and thermal comfort cannot be ignored.

This study tries to analyse the thermal comfort during the winter months at the elderly residence of Sanitas Sagrada Família in Barcelona. It analyses the conditions with which residents have the most adequate thermal comfort.

In order to achieve the objective of the study, an experimental campaign is carried out during three days where the globe's temperature, radiant temperature, ambient temperature, relative humidity and indoor air velocity of four rooms from the centre from 10am to 5pm. 165 residents of the centre and 30 non-residents are questioned in order to evaluate their thermal sensation, preference and acceptability, as well as the level of thermal insulation of the clothes and levels of activity of the same.

In general, it is observed that the elderly has less sensitivity to changes in temperature. It is proposed a thermal comfort model that relates the comfort temperature with the outdoor temperature (adaptive model) that is less pending than those proposed by the ASHRAE-55: 2010 and EN-15251: 2008 norms. Thus reaffirming the aforementioned statement.

It is shown that existing thermal comfort models are not suited to the behaviour of the elderly. However, this segment of the population must continue to be studied, since the present study is carried out on a sample of 165 residents and only during the winter period.

Taula de continguts

1.	Introducció	12
1.1.	Objecte	12
1.2.	Abast.....	12
1.3.	Especificacions bàsiques	13
1.4.	Justificació	13
1.5.	Conceptes previs	14
1.5.1	Variables ambientals	15
1.5.2	Variables personals	17
2.	Estat de l'art	19
2.1.	Mètode del vot mig estimat (PMV) de Fanger.....	19
2.2.	Model adaptatiu.....	21
2.2.1.	Model adaptatiu de l'ASHRAE Standard 55:2013	22
2.2.2.	Model adaptatiu de la norma EN 15251:2008	23
2.3.	Models de confort tèrmic per a la gent gran	26
3.	Metodologia	28
3.1.	Treball de camp.....	28
3.1.1	Descripció de l'equip de mesura	32
3.2.	Anàlisi de dades.....	34
3.2.1.	Anàlisi estadístic	36
3.2.2.	Valoració de PMV i PPD segons normatives	39
3.2.3.	Models de predicció	40
4.	Descripció de l'edifici	44
4.1.	Descripció general de l'edifici del centre residencial Sanitas Sagrada Família	44
4.2.	Descripció sales on es realitza l'estudi	47
4.3.	Instal·lació de climatització i ventilació.....	49
4.4.	Descripció de les rutines dels residents	50
4.5.	Descripció de les dades exteriors.....	51
4.5.1	Dades anuals	51
4.5.2	Dades dels mesos d'hivern.....	54
5.	Descripció de les dades recollides.....	56
5.1.	Període en el que es realitza l'estudi i periodicitat de recollida de dades.....	56
5.1.1.	Descripció de les dades 01/02/2019	56
5.1.2.	Descripció de les dades 20/02/2019	61
5.1.3.	Descripció de les dades 06/03/2019	65

6.	Anàlisi de les dades	69
6.1.	Prova d'independència entre subgrups: residents i no residents.....	69
6.2.	Prova d'independència entre les diferent sales monitoritzades	71
6.3.	Anàlisi de dependència entre variables quantitatives	73
6.3.1.	Anàlisi de normalitat de les variables quantitatives	73
6.3.2.	Anàlisi de correlacions dels residents	74
6.3.3.	Anàlisi de correlacions dels no residents	75
6.3.4.	Índex d'aïllament de la roba enfront de la temperatura operativa	76
6.4.	Anàlisi de dependència entre la ST, P i A i les variables quantitatives.....	76
6.4.1.	Sensació tèrmica enfront de la temperatura operativa.....	77
6.4.2.	Preferència enfront de la temperatura operativa	78
6.4.3.	Acceptabilitat enfront de la temperatura operativa.....	79
6.4.4.	Índex d'aïllament de la roba enfront al vot de sensació tèrmica.....	80
6.5.	Anàlisi del PMV (<i>Predicted Mean Vote</i>)	81
6.6.	Anàlisis del PPD	84
6.7.	Models de confort.....	86
6.7.1.	Model de regressió.....	86
6.7.2.	Model adaptatiu de Griffith	88
6.7.3.	Model lineal de predicció de la sensació tèrmica per residents	89
6.8.	Comparatives dels models realitzats amb els existents.....	93
6.8.1.	Comparativa del model de predicció del vot de sensació tèrmica	93
6.8.2.	Comparativa dels models adaptatius.....	94
7.	Impacte ambiental	96
8.	Resum econòmic	97
9.	Conclusions	97
10.	Bibliografia	99

Índex de gràfics

Gràfic 1: Zona de confort tèrmic per l'ASHRAE	23
Gràfic 2: Representació de les zones de confort per EN-15251.....	25
Gràfic 3: Regió crítica de Chi-quadrat	36
Gràfic 4: Evolució de la temperatura i humitat al llarg de l'any.....	53
Gràfic 5: Temperatures màximes i mínimes anuals	53
Gràfic 6: Temperatura mesos d'hivern.....	55
Gràfic 7: Temperatures màximes i mínimes dels mesos d'hivern.....	55
Gràfic 8: Evolució de la temperatura exterior del primer dia de campanya.....	57
Gràfic 9: Evolució de la temperatura exterior el segon dia de campanya	61
Gràfic 10: Evolució de la temperatura exterior del tercer dia de campanya.....	65
Gràfic 11: Nivell d'aïllament de roba enfront a la temperatura operativa	76
Gràfic 12: Diagrama de caixes entre la sensació tèrmica i la temperatura operativa	77
Gràfic 13: Diagrama de caixes entre la preferència i la temperatura operativa.....	78
Gràfic 14: Diagrama de caixes entre l'acceptabilitat i la temperatura operativa	79
Gràfic 15: Diagrama de caixes entre la sensació tèrmica i el nivell d'aïllament de roba	80
Gràfic 16: Regressió entre la temperatura operativa i al sensació tèrmica.....	87
Gràfic 17: Representació del model de sensació tèrmica	87
Gràfic 18: Regressió entre la temperatura de confort i la Running Mean Temperature.....	89
Gràfic 19: Gràfic probabilístic normal dels residus	92
Gràfic 20: Gràfic de dispersió dels residus	92
Gràfic 21: Models de predicció de sensació tèrmica enfront la temperatura operativa.....	93
Gràfic 22: Comparativa de diferents models de confort adaptatius	95

Índex de taules

Taula 1: Valors de l'enquesta de confort tèrmic	29
Taula 2: Plantilla recollida de dades	31
Taula 3: Nivells de referencia de l'aïllament de roba i activitat segons UNE-EN-ISO-7730:2006.	32
Taula 4: Plantilla per a la comparativa de PMV	39
Taula 5: Plantilla per a la comparativa de PPD.....	40
Taula 6: Distribució dels espais del centre residencial.....	46
Taula 7: Temperatures i humitats per estacions.....	52
Taula 8: Dades dels mesos d'hivern	54
Taula 9: Condicions exteriors del primer dia de campanya	56
Taula 10: Condicions interiors per sala	58
Taula 11: Nombre d'enquestats el primer dia de campanya	59
Taula 12: Dades dels enquestats el primer dia de campanya	59
Taula 13: Resultats mitjans de l'avaluació subjectiva del primer dia de campanya	60
Taula 14: Condicions exteriors del segon dia de campanya	61
Taula 15: Nombre d'enquestats del segon dia de campanya	62
Taula 16: Dades dels enquestats del segon dia de campanya	62
Taula 17: Resultats mitjans de l'avaluació subjectiva del segon dia de campanya	63
Taula 18: Condicions interiors per sala del segon dia de campanya	64
Taula 19: Dades exteriors del tercer dia de campanya	65
Taula 20: Nombre d'enquestats del tercer dia de campanya	66
Taula 21: Dades dels enquestats del tercer dia de campanya	66
Taula 22: Resultats mitjans de l'avaluació subjectiva del tercer dia de campanya	67
Taula 23: Condicions interiors de les sales del tercer dia de campanya.....	68
Taula 24: Freqüència de vots de sensació tèrmica	69
Taula 25: Freqüència de vots de sensació tèrmica	70
Taula 26: Prova de la Chi-quadrat	70
Taula 27: Freqüència de vots de sensació tèrmica per sala dels residents.....	71
Taula 28: Freqüència de vots de sensació tèrmica per sala dels residents.....	72
Taula 29: Prova de Chi quadrat	72
Taula 30: Prova de normalitat.....	73
Taula 31: Correlació de Spearman per residents	74

Taula 32: Correlació de Spearman per no residents	75
Taula 33: Sensació tèrmica i PMV dels residents per sala	81
Taula 34: Correlació de Spearman entre el vot de ST i el PMV per a residents.....	82
Taula 35: : Correlació de Spearman entre el vot de ST i el PMV per a no residents.....	82
Taula 36: Sensació tèrmica i PMV dels no residents per sala	83
Taula 37: Insatisfacció i PPD per sala per a residentt.....	84
Taula 38: Correlació de Spearman entre Insatisfacció i PPD per a residents	84
Taula 39: Insatisfacció i PPD per sala per a no residents	85
Taula 40: Correlació de Spearman entre Insatisfacció i PPD per a no residents	85
Taula 41: Temperatura operativa i sensació tèrmica dels residents	86
Taula 42: Components de la regressió.....	87
Taula 43: Sensació tèrmica i temperatures per sala dels residents.....	88
Taula 44: Variables entrades i eliminades del model de regressió.....	90
Taula 45: Resum del model.....	90
Taula 46: Anova del model.....	90
Taula 47: Coeficients del model de regressió	91
Taula 48: Equacions dels models de confort adaptatius.....	95

Índex d'equacions

Equació 1: Equació de Fanger per a la obtenció del PMV	19
Equació 2: Equació de Fanger per a la obtenció del PPD	20
Equació 3: Límit superior zona de confort 80% ASHRAE	22
Equació 4: Límit inferior zona de confort 80% ASHRAE	22
Equació 5: Límit superior zona de confort 90% ASHRAE	22
Equació 6: Límit inferior zona de confort 90% ASHRAE	23
Equació 7: Límit superior de confort categoria 1	24
Equació 8: Límit inferior de confort categoria 1	24
Equació 9: Límit superior de confort categoria 2	24
Equació 10: Límit inferior de confort categoria 2	24
Equació 11: Límit superior de confort categoria 3	25
Equació 12: Límit inferior de confort categoria 3	25
Equació 13: Expressió de càlcul de la temperatura operativa d'acord a la norma UNE-EN-ISO 7726:2002	35
Equació 14: Expressió simplificada del càlcul de la temperatura operativa	35
Equació 15: Expressió model de regressió simple	40
Equació 16: Expressió de l'ajust del pendent del model de regressió simple	40
Equació 17: Expressió del model de regressió simple ajustat	40
Equació 18: Expressió de la temperatura de confort amb la constant de Griffith	41
Equació 19: Expressió de la Running Mean Temperature	41
Equació 20: Expressió per al càlcul de la primera Running Mean Temperature	42
Equació 21: Model de regressió lineal	42
Equació 22: Residus del model lineal	43
Equació 23: Model de regressió lineal simple	86
Equació 24: Model de sensació tèrmica	87
Equació 25: Model de confort adaptatiu per a residents	89
Equació 26: Model de regressió lineal de la sensació tèrmica	92

Índex d'il·lustracions

Il·lustració 1: Representació de l'equació de Fanger per al PPD.....	20
Il·lustració 2: Evolució de la temperatura ambient amb el temps a l'estudi de Schellen et al. (2010)	26
Il·lustració 3: Nivells de sensació tèrmica	29
Il·lustració 4: Nivells de preferència	30
Il·lustració 5: Nivells d'acceptabilitat	30
Il·lustració 6: Equip de mesura utilitzat.....	33
Il·lustració 7: Display de l'equip de mesura	34
Il·lustració 8: Elements d'un diagrama de caixa.....	38
Il·lustració 9: Plànol de situació del centre residencial	44
Il·lustració 10: Façana sud de l'edifici.....	45
Il·lustració 11: Sala de teràpia ocupacional.....	47
Il·lustració 12: Gimnàs.....	48
Il·lustració 13: Biblioteca	49

1. Introducció

1.1. Objecte

El present estudi té per objecte analitzar el confort tèrmic durant els mesos d'hivern a la residència de gent gran de Sanitas Sagrada Família de Barcelona, per tal d'analitzar quines són les condicions tèrmiques preferides per a aquest grup de persones.

Aquest projecte forma part del projecte "ConTerMa - Anàlisi del confort tèrmic en residències per a la gent gran en l'espai de cooperació transfronterer d'Espanya-Portugal", projecte cofinançat pel Fons Europeu de Desenvolupament Regional en el marc del Programa de Cooperació Interreg V-A Espanya – Portugal, (POCTEP) 2014-2020. És un projecte coordinat amb l'Institut de Saúde Pública da Universidade do Oporto (ISPUP), Portugal en el que s'estan analitzant 5 centres de clima mediterrani i 5 de clima atlàntic per tal d'analitzar les diferències en relació al confort tèrmic de la gent gran segons el clima.

1.2. Abast

L'abast d'aquest treball de fi de màster és el següent:

- Anàlisi de l'estat de l'art referent als models de confort tèrmic en general, i per a gent de la tercera edat en particular.
- Estudi previ del centre residencial Sanitas Sagrada Família; caracterització de l'edifici i estudi de les rutines dels residents.
- Depuració de les dades monitoritzades i recollides a través de les enquestes.
- Realització d'enquestes sobre la sensació tèrmica tant a residents com a treballadors en paral·lel amb la monitorització.
- Anàlisi de les dades obtingudes durant la monitorització i de la informació de les enquestes. Realització de proves comparatives entre els resultats provinents dels residents i els dels treballadors.
- Desenvolupament de models de confort tèrmic amb les dades obtingudes mitjançant diferents mètodes.

- Comparativa entre els models obtinguts amb els models existents que proposen ASHRAE-55:2010 i EN 15251:2008. També comparativa amb altres models d'autors.
- Discussió dels resultats i conclusions.

1.3. Especificacions bàsiques

Durant la realització d'aquest estudi s'haurà de tenir en compte les següents especificacions.

- L'estudi és realitza a l'edifici del centre residencial Sagrada Família de Sanitas de Barcelona.
- L'estudi és realitza als mesos d'hivern.
- És realitzen 3 dies de campanya experimental.
- L'avaluació subjectiva de confort tèrmic es realitza als residents que presentin millor estat cognitiu.
- S'utilitza el software *SPSS Statistics*¹ per a l'anàlisi de dades.

1.4. Justificació

Un tret molt important i que justifica en gran part aquest projecte és que no existeixen normatives nacionals, europees ni internacionals que determinin el benestar tèrmic per a aquest segment de persones estudiat.

Amb la creixent mentalitat d'anar cap a un sistema que garanteixi el benestar de tothom, molt focalitzat a la gent gran, no es pot deixar de banda el fet d'assegurar el seu confort tèrmic, conèixer les seves necessitats i adaptar el disseny dels edificis per tal de garantir-lo.

¹ IBM SPSS Statistics v25

Els pocs estudis existents de confort tèrmic per a la gent gran estan basats en persones entre 65 i 75 anys. No obstant, no existeixen estudis que analitzin les franges d'edat entre de 75 en amunt.

L'envelliment de la població és un fenomen que afecta la major part dels territoris europeus, sent més accentuat en països com Espanya i Portugal. Aquesta tendència explica la creixent demanda de serveis d'atenció a llarg termini, com poden ser les residències per a gent gran. Així, com que les persones grans passen una gran part del temps a l'interior de les residències, el seu benestar i confort tèrmic no es pot ignorar.

Un altre punt clau a estudiar és el de constatar si les persones grans encaixen o no dins dels models de confort tèrmic existents. Ser capaços de predir i determinar les millors condicions tèrmiques i ambientals per a garantir el confort tèrmic és crucial per a una millor qualitat de vida

1.5. Conceptes previs

El confort tèrmic és la sensació neutra d'una persona envers l'ambient que l'envolta, és a dir, la persona no experimenta ni sensació de fred ni de calor (ISO 7730, 2006). Es podria dir que les condicions de temperatura, humitat relativa i velocitat de l'aire són favorables a l'activitat que desenvolupa la persona.

A l'ASHRAE-55 (2010), es defineix el confort tèrmic com el conjunt de característiques de l'ambient que afecten l'intercanvi de calor entre el cos humà i el medi que l'envolta.

A la norma ISO 7730 (2006) sobre l'ergonomia dels ambients tèrmics, el confort tèrmic "és una condició mental en la que s'expressa la satisfacció amb l'ambient tèrmic".

S'utilitza sovint el terme de sensació tèrmica per tal de poder quantificar el concepte de confort tèrmic. En línia amb el que s'ha dit abans, la sensació tèrmica és la temperatura que les persones senten en un moment i lloc determinat, independentment de la temperatura real de l'aire. Així, aquesta sensació tèrmica és percebuda de diferent manera per a cada persona, degut a factors subjectius de cadascú que afecten a les característiques fisiològiques i psicològiques de la persona. Pren una especial importància també l'equilibri tèrmic global del cos, que depèn de quatre paràmetres ambientals (condicions termohigromètriques) i dos factors de caràcter personal, i que per tant, poden diferir molt entre dos individus concrets.

1.5.1 Variables ambientals

L'equilibri tèrmic global del cos depèn de quatre paràmetres ambientals o condicions termohigromètriques. Aquests paràmetres són la temperatura de l'aire, la velocitat de l'aire, la temperatura mitjana radiant i la humitat relativa. A més a més s'explicarà el terme de Temperatura del globus, ja que intervé en el càlcul de la temperatura mitjana radiant.

1.5.1.1 Temperatura de l'aire

La temperatura seca de l'aire o simplement temperatura seca, és la temperatura de l'aire, sense tenir en compte la radiació calorífica dels objectes que envolten aquest ambient i dels efectes de la humitat relativa i de la velocitat de l'aire (Diwekar, Urmila 2014), expressada habitualment en °C.

La diferència entre la temperatura seca de l'aire i la de la pell de la persona és la que determina la quantitat de calor transmesa entre el cos i l'ambient, tractant-se d'una transferència per convecció.

1.5.1.2 Temperatura del globus

S'anomena temperatura de globus a la temperatura indicada per un sensor (termòmetre de globus) col·locat en el centre d'una esfera, i mesura la temperatura per radiació (Pablo L.M. , 1999).

L'esfera ha de tenir les següents característiques:

- 150 mm de diàmetre.
- Coeficient d'emissió mitjà: 90 (negre i mat).
- Gruix: tan prim com sigui possible.
- Escala de mesura: 20 ° C-120 °C.
- Precisió: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ a temperatures entre 20 °C i 50 °C, i $\pm 1^{\circ}\text{C}$ a temperatures entre 50 °C i 120 °C.

La temperatura del globus és utilitzada per al càlcul de la temperatura mitjana radiant, segons a fórmula que es veurà al punt següent.

1.5.1.3 Temperatura mitjana radiant

La temperatura radiant o la temperatura radiant mitjana es defineix com la temperatura uniforme d'un recinte imaginari en què la transferència de calor radiant des del cos humà és igual a la transferència de calor radiant en el precís recinte no uniforme (Geneva, Suïssa, 1998), i està expressada habitualment en °C.

Existeixen fórmules empíriques (mètode Fanger, 1973) per al càlcul de la temperatura mitjana radiant, a partir de la temperatura del globus (T_g), la velocitat de l'aire (v_a) i la temperatura seca (T_s).

$$T_r = T_{globus} + 1,9 \cdot \sqrt{v_a} \cdot (T_{globus} - T_s)$$

Equació 1: Temperatura radiant segons Fanger (1973)

Es tracta d'un intercanvi de calor per radiació, sent diferent a l'intercanvi de calor per convecció.

A mode d'exemple, si la temperatura de la pell és superior a la temperatura radiant mitjana de l'espai on es troba, el cos cedirà calor cap a l'entorn; si per contra, la temperatura de la pell és inferior a la de l'entorn, el cos rebrà calor del medi.

Tot cos tendeix cap a l'equilibri tèrmic amb l'ambient, fins a arribar al punt ideal de no rebre ni cedir calor.

1.5.1.4 Velocitat de l'aire

La velocitat de l'aire és la velocitat a la qual es mou l'aire present en un entorn (Gálvez Huerta, 2013), i està expressada habitualment en m/s o km/h,

La velocitat de l'aire pot afectar directament a la sensació tèrmica que percep una persona, ja que a major velocitat de l'aire, major proporció d'humitat i major dissipació de calor.

Velocitats de l'aire molt inferiors o molt superiors a la que es considera normal (0,25 m/s) pot provocar sensacions desagradables i de fred o de falta d'aire.

Malgrat això, cal tenir en compte que la velocitat de l'aire serà un paràmetre a tenir en compte si es tracta d'ambients a l'exterior o en zones amb una forta ventilació forçada, com per exemple túnels.

És necessari doncs garantir un bon disseny dels sistemes de ventilació per tal d'assegurar que l'aire no serà molest en ambients interiors on es busca un bon confort tèrmic.

Aquest paràmetre és menyspreable si es tracta d'un ambient interior amb ventilació natural o una ambient amb ventilació forçada on els corrents d'aire no estiguin presents a les zones on es troben les persones.

1.5.1.5 Humitat relativa

La humitat relativa és la proporció d'humitat que conté l'aire en un moment determinat i la màxima que podria tenir en aquelles condicions de temperatura (ASHRAE Standard 55, 2010), i s'expressa en %.

Durant el procés de transpiració, en el qual les persones eliminen calor del seu organisme, quant més alta sigui la humitat relativa de l'ambient, menor serà la transpiració, i per tant major sensació de calor de la persona.

1.5.2 Variables personals

Un cop s'han vist els factors ambientals que poden afectar a la sensació tèrmica de la persona, cal veure també quines variables personals poden influenciar-hi. En aquest punt, les variables personals que s'identifiquen son el nivell d'activitat i el nivell de vestimenta.

1.5.2.1 Nivell d'activitat

El nivell d'activitat o activitat metabòlica que duu a terme una persona influeix directament sobre la seva sensació tèrmica a l'ambient (UNE-EN-ISO-7730:2006). A major nivell d'activitat, major nivell de producció de calor.

El nivell d'activitat metabòlica es mesura en [met], sent $1 \text{ met} = 58,2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = \frac{50 \text{ kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$.

Els nivells d'activitat que s'utilitzaran en aquest projecte estan compresos entre els 0,7 i els 1,4met; encara que si parléssim de nivells d'esforços molt elevats caldria utilitzar nivells d'activitat que podrien arribar als 10met.

1.5.2.2 Nivell de vestimenta

La vestimenta redueix les pèrdues de calor dels cossos. En conseqüència, el nivell de vestimenta es classifica segons el seu nivell d'aïllament (UNE-EN-ISO-7730:2006).

La unitat de mesura és el [clo], sent així $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \cdot \frac{\text{K}}{\text{W}} = 0,18 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}/\text{kcal}$.

L'escala de valors depèn molt del nivell de roba que es dugui, sent els 0 clo l'absència total de roba, i a partir d'aquí, el nivell augmenta a major nivell de roba. En aquest projecte s'han pres nivells de roba entre els 0,45 i els 1,5 en la gran majoria dels casos.

2. Estat de l'art

Actualment existeixen dues teories que defineixen dos tipologies de models per a la predicció del confort tèrmic. Cadascuna amb els seus avantatges i limitacions.

Per una banda Povl Ole Fanger (1973) proposa un model de balanç tèrmic, per l'altra, els models adaptatius.

2.1. Mètode del vot mig estimat (PMV) de Fanger

Un dels models més utilitzats per avaluar el confort tèrmic és el *Predicted Mean Vote (PMV)* del professor Povl Ole Fanger.

Segons el mètode de Fanger per a que una situació pugui ser agradable tèrmicament, els mecanismes de termoregulació del cos humà han de permetre l'eliminació de la calor guanyada tant metabòlicament com procedent de l'entorn, arribant a un estat d'equilibri tèrmic. Tot i així, aquest equilibri no garanteix el confort.

Així mateix, el model PMV també té en compte la temperatura radiant, la temperatura ambient, la velocitat de l'aire i la humitat relativa del recinte on s'avalua el confort. També considera el nivell d'aïllament de la roba dels usuaris, així com el nivell d'activitat físic. Totes aquestes variables afecten a l'intercanvi tèrmic entre la persona i l'ambient, condicionant d'aquesta manera el nivell de confort de la mateixa.

Aquest model es acceptat per les normes internacionals Ashrae Standard 55 (2010), EN 15251 (2007) i ISO 7730 (2006), les quals s'encarreguen d'avaluar el confort tèrmic de persones de mitjana edat a l'interior dels edificis.

El mètode PMV pren valors a l'escala Ashrae de -3 fins a 3 per avaluar la sensació tèrmica. Essent -3 un estat de fred, fins a un estat de calor amb 3 punts, passant per 0 on es considera un nivell neutre de sensació tèrmica.

$$PMV = [0,303 \cdot \exp(-0,036 \cdot M) + 0,028] \cdot \{(M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99 \cdot (M - W) - p_a] \\ - 0,42[(M - W) - 58,15] - 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) \\ - 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a)\}$$

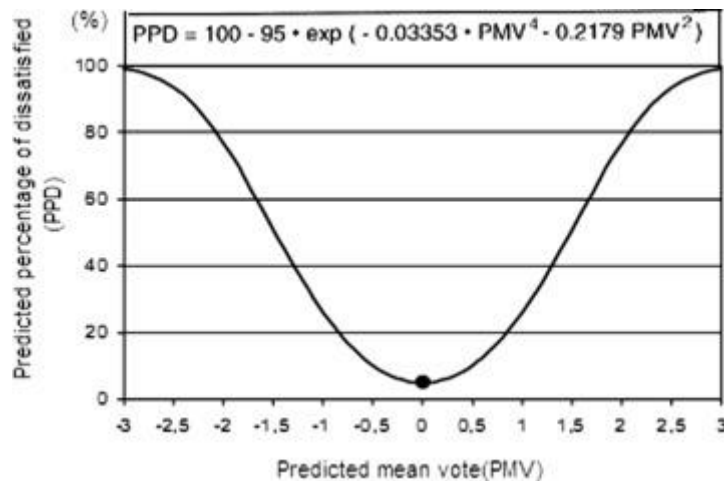
Equació 2: Equació de Fanger per a la obtenció del PMV

El valor resultant de l'equació és un índex que reflexa una hipotètica sensació tèrmica mitjana de moltes persones amb els mateixos nivells d'activitat, aïllament de roba i que estan exposades a les mateixes condicions ambientals constants en el temps.

És per això que també és interessant conèixer com es distribuiran els vots individuals de les persones al voltant d'aquest vot mig. Segons Fanger, el Percentatge de Persones Insatisfetes (PPD) és calcula de la següent manera.

$$PPD = 100 - 95 \exp (- (0.03353PMV^4 + 0.2179PMV^2))$$

Equació 3: Equació de Fanger per a la obtenció del PPD



Il·lustració 1: Representació de l'equació de Fanger per al PPD

Del gràfic anterior s'observa com Fanger assegura que fins i tot amb un vot mig de 0, equivalent a una sensació tèrmica neutre, existirà un percentatge de persones insatisfetes d'un 5%.

A tot això s'ha d'afegir que el mètode PMV no té en compte les variacions de la temperatura al llarg del dia, ni la capacitat de les persones a adaptar-se a les condicions ambientals per aconseguir un bon nivell de confort.

2.2. Model adaptatiu

Els models de confort tèrmic adaptatius més estesos són el de ASHRAE 55-2013 (Brager & de Dear, 2002) i EN 15251:2007 (Humphreys et al. 2010). Aquests models es poden aplicar a edificacions sense ventilació forçada. Tot i això Barbadilla et al. (2017) afirma que també es poden aplicar els models adaptatius a edificis climatitzats i amb ventilació forçada.

Els models adaptatius analitzen el confort tèrmic de les persones tenint en compte la possibilitat de les mateixes d'adaptar-se a les variacions de temperatura que es presenten a les sales on s'hi troben. D'aquesta manera es pretén analitzar l'acceptabilitat d'una manera més real.

En contraposició a models de confort estàtics com el PMV de Fanger, en el model adaptatiu la predisposició de les persones hi juguen un paper fonamental creant les seves pròpies preferències tèrmiques. En funció de la manera que interactuen amb l'ambient, modifiquen el seu comportament o gradualment adapten les seves expectatives en funció de l'ambient tèrmic en el que es trobin (Brager & de Dear, 1998).

Es poden distingir tres categories d'adaptació tèrmica ben diferenciades (Brager & de Dear, 1998):

- Ajust del comportament:
Ajustar l'activitat, canviar-se de roba, obrir/tancar finestres, etc.
- Adaptació fisiològica:
Es produeixen canvis en la resposta fisiològica com a resultat d'una llarga exposició als factors ambientals. Aquesta adaptació no es sol tenir en compte a l'edificació.
- Adaptació psicològica:
La percepció de la sensació tèrmica i al seva posterior reacció queda alterada degut a experiències passades i/o a les expectatives.

La subjectivitat de la sensació tèrmica i la interpretació de les complexes interaccions entre les persones i l'ambient on es troben han estat objecte de la realització de una gran quantitat d'estudis.

D'entre aquests, Brager & de Dear (1988) van concloure que existeix una tendència entre l'augment de la temperatura de confort o temperatura neutre amb l'augment de la temperatura exterior. Així doncs l'experiència tèrmica dels ocupants els indica subconscientment que existeix una notable relació entre les variacions tèrmiques a l'exterior amb l'interior (Brager & de Dear 1988).

2.2.1. Model adaptatiu de l'ASHRAE Standard 55:2013

L'avaluació del confort tèrmic segons ASHRAE es basa en funció del percentatge d'acceptabilitat dels ocupants.

S'estableixen dos nivells d'exigència de confort tèrmic, un nivell típic del 80% i un del 90% per quan es requereix un major nivell de confort.

Aquest model tèrmic està format per quatre equacions que delimiten les temperatures de confort en funció de la *running mean temperature* T_{rm} .

- Límit superior de la zona de confort amb una acceptabilitat del 80%:

$$T_c = 0,31 \cdot T_{rm} + 17,8 + 3,5$$

Equació 4: Límit superior zona de confort 80% ASHRAE

- Límit inferior de la zona de confort amb una acceptabilitat del 80%:

$$T_c = 0,31 \cdot T_{rm} + 17,8 - 3,5$$

Equació 5: Límit inferior zona de confort 80% ASHRAE

- Límit superior de la zona de confort amb una acceptabilitat del 90%:

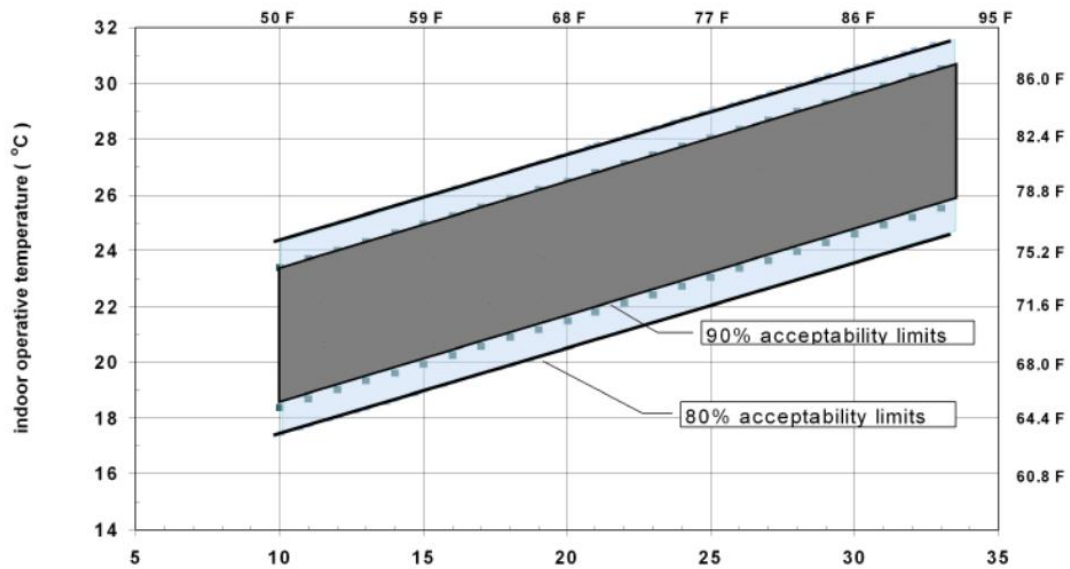
$$T_c = 0,31 \cdot T_{rm} + 17,8 + 2,5$$

Equació 6: Límit superior zona de confort 90% ASHRAE

- Límit inferior de la zona de confort amb una acceptabilitat del 90%:

$$T_c = 0,31 \cdot T_{rm} + 17,8 - 2,5$$

Equació 7: Límit inferior zona de confort 90% ASHRAE



Gràfic 1: Zona de confort tèrmic per l'ASHRAE

L'aplicació del model adaptatiu que proposa l'ASHRAE és vàlid per edificis sense ventilació forçada i on els ocupants presentin unes activitats sedentàries amb uns valors metabòlics d'entre 1 i 1,3. Paral·lelament, la *running mean temperature* ha d'estar entre els 10 i els 33,5 °C per a que el model sigui aplicable.

2.2.2. Model adaptatiu de la norma EN 15251:2008

La norma EN15251:2008 indica quatre nivells diferenciats de confort en funció de les expectatives dels ocupants. També es té en compte l'antiguitat de l'edifici. (Nicol & Humphreys, 2002).

L'avaluació d'aquest model és aplicable a oficines o edificis semblants on els ocupants realitzin activitats sedentàries i no hi hagi ventilació forçada.

El rang de la *running mean temperature* ha d'estar entre els 10 i 30°C pels límits superiors, i entre 15 i 30°C pels límits inferiors.

- **Categoria I:**

Alt nivell d'expectatives. Recomanat per espais ocupats per persones dèbils i/o sensibles amb requeriments especials, com nens petits, gent gran, malalts, etc.

Límit superior de la categoria I

$$T_c = 0,33 \cdot T_{rm} + 18,8 + 2$$

Equació 8: Límit superior de confort categoria 1

Límit inferior de la categoria I

$$T_c = 0,33 \cdot T_{rm} + 18,8 - 2$$

Equació 9: Límit inferior de confort categoria 1

- **Categoria II:**

Nivell mitjà d'expectatives. Recomanat per a edificis de nova construcció i/o renovats.

Límit superior de la categoria II

$$T_c = 0,33 \cdot T_{rm} + 18,8 + 3$$

Equació 10: Límit superior de confort categoria 2

Límit inferior de la categoria II

$$T_c = 0,33 \cdot T_{rm} + 18,8 - 3$$

Equació 11: Límit inferior de confort categoria 2

- **Categoria III:**

Nivell moderat/acceptable d'expectatives. Es pot utilitzar en edificis ja existents.

Límit superior de la categoria III

$$T_c = 0,33 \cdot T_{rm} + 18,8 + 4$$

Equació 12: Límit superior de confort categoria 3

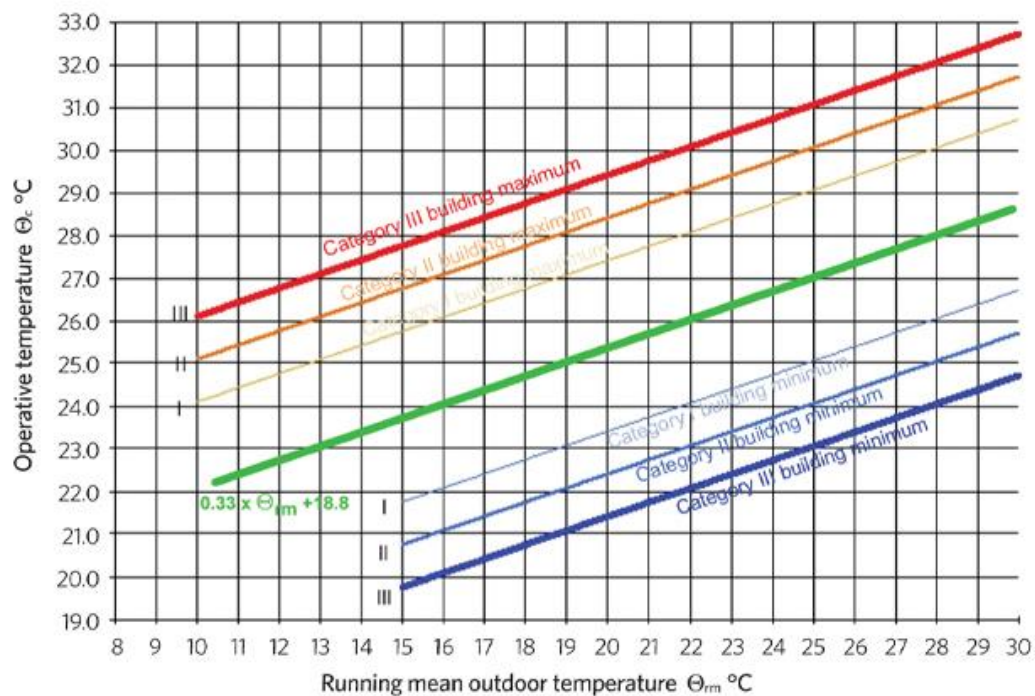
Límit inferior de la categoria III

$$T_c = 0,33 \cdot T_{rm} + 18,8 - 4$$

Equació 13: Límit inferior de confort categoria 3

- **Categoria IV:**

Valors fora dels criteris esmentats. Només hauria d'utilitzar-se temporalment.



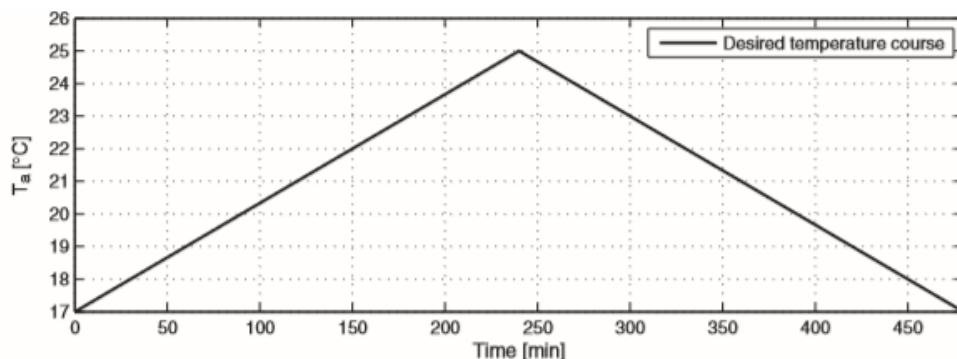
Gràfic 2: Representació de les zones de confort per EN-15251

2.3. Models de confort tèrmic per a la gent gran

La majoria de models de confort tèrmic, PMV i adaptatius, així com les normes internacionals es centren bàsicament en persones d'edat mitjana, sobretot en treballadors d'oficina els quals es comprenen en una franja d'edat dels 20 als 65.

Fins fa pocs anys, una persona de 65 anys es considerava una persona d'avançada edat, amb la qual els estudis centrat a persones de la tercera edat tenien en compte edats entre els 65 i 75 anys.

Schellen et al. (2010) va analitzar l'efecte de la temperatura en quant a productivitat i confort d'un grup de vuit joves adults d'entre 22 a 25 anys, i d'un altre grup de gent gran d'entre 67 i 73 anys. Van ser exposats a dues situacions diferents, un ambient a temperatura constant de 21,5°C durant 8 hores, i a un ambient amb una variació de temperatura des dels 17°C fins als 25°C fins a tornar a la temperatura inicial de nou. També vuit hores en total.



Il·lustració 2: Evolució de la temperatura ambient amb el temps a l'estudi de Schellen et al. (2010)

Dels resultats de l'estudi es va extreure que la sensació tèrmica de la gent gran era de mitjana 0,5 punts menor a la de la gent jove en una escala de -3 a 3 (Ashrae).

En el primer escenari, amb una temperatura ambient constant i a un mateix nivell d'aïllament de la roba, el grup de gent gran preferia temperatures més elevades que el grup de gent jove.

En el segon escenari, amb un perfil de temperatures que augmenta i després decreix, el model PMV va predir exitosament la sensació tèrmica del grup de joves, mentre que la sensació tèrmica estimada pel model del grup de gent gran era major a la real.

Amb l'augment de l'esperança de vida, a Espanya 82,8 anys al 2016² i 77,8 anys a Europa, apareix la necessitat de realitzar estudis específics per a analitzar la franja d'edat d'entre els 80 i 95 anys.

Jiao et al. (2017) va investigar 17 centres a Shanghai amb un total de 672 participants majors de 70 anys, la temperatura de confort per als residents durant l'hivern era més baixa que la predita pel model PMV, mentre que a l'estiu, no hi havia una diferència significativa entre ambdues.

També va concloure que la gent gran és menys sensible als canvis de temperatura que la població de mitjana edat (model PMV).

En referencia als comportaments adaptatius dels residents es va trobar que els mètodes més utilitzats són els canvis de roba, i obrir o tancar finestres, essent més eficaç el primer mètode a l'hivern i el segon a l'estiu.

² [En línia]: <http://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/>
[consultat el 7 d'abril].

3. Metodologia

El procediment a seguir per a l'estudi del model de confort de persones de la tercera edat consta de dues parts diferenciades.

En primer lloc es realitzarà un treball de camp previ, en el que es monitoritzaran les condicions interiors de les sales d'estudi, s'entrevistaran a les persones residents del centre, treballadors i familiars.

Per altra banda hi haurà la part d'anàlisi i tractament de les dades, en el qual es realitzaran gràfiques, s'estudiaran possibles correlacions entre unes variables i les altres i es buscarà el models que millor s'adapti al nostre conjunt de residents.

3.1. Treball de camp

- En una primera visita per tal de conèixer el centre, es pren informació sobre les rutines dels residents, quines activitats es realitzen, a on es realitzen, i en quin horari.

Amb aquesta informació s'estableix un calendari amb les visites programades.

- Es recullen dades de les condicions interiors de les sales escollides on es realitzarà l'avaluació subjectiva dels residents.

La monitorització es duu a terme amb sensors de globus i anemòmetres, que prenen dades de temperatura ambient, temperatura radiant, temperatura del globus, humitat relativa i velocitat de l'aire. Aquests sensors estan explicats amb detall a l'apartat 3.1.1. *Descripció de l'equip de mesura*.

- Paral·lelament es realitzen enquestes de satisfacció als residents i també a treballadors i/o acompanyants.

Al qüestionari que es realitza s'avalua la Sensació Tèrmica, Preferència i Acceptabilitat amb unes escales com es mostra a continuació:

Sensació tèrmica	Preferència	Acceptabilitat
Fred (-3)	Més fresc (-1)	Acceptable (1)
Fresc (-2)	Sense canvi (0)	Inacceptable (0)
Lleugerament fresc (-1)	Més calorós (1)	
Neutral (0)		
Lleugerament càlid (1)		
Càlid (2)		
Sufocant (3)		

Taula 1: Valors de l'enquesta de confort tèrmic

Degut a que els residents poden presentar un deteriorament cognitiu que dificulti la realització de l'avaluació subjectiva, s'utilitzen elements visuals com els mostrats a continuació per tal de discernir entre les opcions disponibles.

Tanmateix, es procura enquestar als residents que sembli que presenten una millor capacitat cognitiva.

Les preguntes realitzades per tal de realitzar l'avaluació dels tres punts objectius poden variar en funció de l'enquestat, tot i així han de ser preguntes curtes i directes, els residents amb deteriorament cognitiu presenten una disminució de la capacitat de concentració, amb la qual es pot perdre fiabilitat en la resposta.



En primer lloc s'explica breument a l'enquestat el projecte que s'està realitzant i si permet fer-li l'enquesta. En cas afirmatiu es pregunta pel seu número d'habitació.

Seguidament es pregunta quina sensació tèrmica presenta en aquest mateix moment, fent ús de la següent imatge per tal de facilitar la resposta a l'enquestat.

FRIJO	FRESCO	LIGERAMENTE FRESCO	NEUTRAL	LIGERAMENTE CALIENTE	CALIENTE	SOFOCANTE
-3	-2	-1	0	1	2	3
						



Il·lustració 3: Nivells de sensació tèrmica

Amb la següent imatge es pregunta a l'enquestat si preferiria apujar, baixar o mantenir la temperatura.

MAS FRESCO -1	SIN CAMBIO 0	MAS CALUROSO 1
		

Il·lustració 4: Nivells de preferència

Finalment es pregunta si independentment de les respostes anteriors, troba acceptable o no les condicions interiors de la sala on es troba en aquest mateix moment.

ACEPTABLE 1	INACEPTABLE 0
	

Il·lustració 5: Nivells d'acceptabilitat

S'anoten els resultats obtinguts de les enquestes, així com el numero d'habitació per tal de mantenir l'anonimat de l'enquestat, roba que porta, activitat que realitza i tipologia de la cadira on seu.

En el cas que l'enquestat no sigui resident, s'anota l'edat, el pes i l'alçada.

Per a agilitzar la presa de dades s'utilitza una taula com la que es mostra a continuació.

Centro residencial:

Dia:

Hora:

Espacio:

Nº Hab	Con/sin camiseta interior	Clo parte superior	Clo parte inferior	Clo accesorios	Con/sin calcetines	Clo zapato	Clo silla	Actividad (met)	ST	P	A

Taula 2: Plantilla recollida de dades

Per a la caracterització del nivell de roba dels residents i de la seva activitat s'utilitzen els valors de referenciària de la UNE-EN-ISO-7730:2006.

Nivell de roba interior	Clo
Amb samarreta interior	0,12
Sense samarreta interior	0,03
Nivell de roba part superior	Clo
Camisa ml	0,25
Camisa mc	0,15
Polo/samarreta ml	0,2
Polo / samarreta mc	0,09
Rebeca /jersei fi	0,2
Jersei	0,28
Jaqueta	0,35
Nivell de roba part inferior	Clo
Pantaló l/ faldilla gruixuda	0,25
Pantaló c / faldilla fina	0,06
Nivell de roba terapeutes	Clo
Bata mc sense roba a sota	0,24
Bata ml sense roba a sota	0,34
Roba lleugera + bata mc	0,63
Roba lleugera + bata ml	0,73
Roba d'abrigar + bata mc	0,75
Roba d'abrigar + bata ml	0,95
Mitjons	Clo
Amb	0,03
Sense	0

Nivell de calçat	Clo
Sabata tancada	0,04
Sabata semioberta	0,02
Sabata oberta	0,01
Bota	0,1

Tipus de cadira	Clo
Cadira normal	0,1
Cadira de rodes	0,12
Butaca	0,15

Accessoris	Clo
Mocador	0,05
Bufanda	0,08
Boina / gorra	0,05

Activitat	Met
Reclinat mig dormint	0,8
Assegut mirant la tele	1
Assegut pintant / dòmino / taller	1,2
Bicicleta estàtica	1,4
Barres amb ajuda	1,2
Barres sense ajuda	1,4
Fisio amb ajuda	1,2
Fisio sense ajuda	1,4
Caminant	1,4
Impartint activitat	1,6

Taula 3: Nivells de referència de l'aïllament de roba i activitat segons UNE-EN-ISO-7730:2006.

3.1.1 Descripció de l'equip de mesura

Per a la monitorització de les condicions ambientals de les sales on es realitza l'estudi s'utilitza l'equip de mesura **HD32.3** de **delta OHM**.

L'equip presenta 3 entrades per a sondes de presa de dades.

L'aparell també permet analitzar ambients calorosos a partir de l'índex **WBGT** (Wet Bulb Glob Temperature) així com calcular el **PMV** (Predicted Mean Vote) i el **PPD** (Predicted Percentage of Dissatisfied).

Per poder utilitzar correctament les funcions descrites s'ha de fixar un nivell d'aïllament de roba (clo) i un nivell d'activitat metabòlica (met) a la memòria de l'aparell.

A continuació es mostra una imatge del muntatge de l'equip de mesura HD32.3 amb les 3 sondes utilitzades durant la monitorització de les condicions interiors del centre residencial.



Il·lustració 6: Equip de mesura utilitzat

D'esquerra a dreta:

- Sonda de temperatura del globus del tipus Pt100. Permet un rang de mesura d'entre -10 fins a 100 °C amb una resolució de 0,1 °C. El temps d'estabilització és de 15 minuts. (codi: TP3276.2)
- Sonda combinada de temperatura i humitat relativa. El sensor de temperatura és Pt100 i el sensor de la humitat relativa és capacitiu. Presenta un rang de mesura d'entre -40 fins a 100 ° C amb una resolució de 0,1 °C, i del 0 al 100% HR amb una resolució de 0,1 % HR. El temps d'estabilització és de 15 minuts. (codi: HP3217.2R)
- Anemòmetre omnidireccional. És tracta d'una sonda NTC de 10kΩ. Presenta un rang de mesura de 0,1 a 5 m/s en una temperatura d'entre 0 i 80 °C. La resolució és de 0,2 m/s de 0 a 1 m/s i de 0,3 m/s d'1 a 5 m/s.



Il·lustració 7: Display de l'equip de mesura

A mesura que les sondes van prenent dades, aquestes es poden visualitzar en temps real a través del display del HD 32.3. Les mesures preses es queden guardades a la memòria interna de l'aparell i posteriorment es poden descarregar en diversos formats a un ordinador.

3.2. Anàlisi de dades

- Es transcriuen les dades dels fulls de recollida a una fulla de càlcul (Excel) per tal de facilitar el tractament de les mateixes.
- Es consulten les dades dels dies que es realitzen les visites de temperatura exterior i humitat relativa exterior de l'estació meteorològica més propera al centre residencial, en aquest cas es prenen les dades de l'estació meteorològica El Raval.
- Es calcula la temperatura operativa a la que ha estat exposat cada ocupant.

D'acord a la norma UNE-EN-ISO 7726:2002 la temperatura operativa es calcula segons:

$$t_o = \frac{h_c \cdot t_a + h_r \cdot t_r}{h_c + h_r}$$

Equació 14: Expressió de càlcul de la temperatura operativa d'acord a la norma UNE-EN-ISO 7726:2002

Essent:

- t_o ; la temperatura operativa
- t_a ; la temperatura ambient
- t_r ; la temperatura radiant mitjana
- h_r ; el coeficient d'intercanvi de calor per radiació
- h_c ; el coeficient d'intercanvi de calor per convecció

A la pràctica, si la velocitat de l'aire es inferior a 0,2 m/s, es pot calcular la temperatura operativa com la mitjana aritmètica entre la temperatura radiant i la temperatura ambient, ja que en aquest cas el cos humà eliminaria calor per radiació i per convecció a parts pràcticament iguals. (UNE-EN-ISO 7726:2002 Ergonomía en ambientes térmicos. Instrumentos de medida de las magnitudes físicas).

Per tant la temperatura operativa es calcula com:

$$t_o = \frac{t_a + t_r}{2}$$

Equació 15: Expressió simplificada del càlcul de la temperatura operativa

- Es realitza una taula per a cada sala monitoritzada amb els valors de mitjana, desviació estàndard, mínim i màxim de les variables temperatura ambient, humitat relativa, velocitat de l'aire, temperatura radiant, temperatura del globus, temperatura exterior, humitat relativa exterior i temperatura operativa.

3.2.1. Anàlisi estadístic

Tenint en compte que tenim variables quantitatives (temperatures, humitats, etc.), variables qualitatives (sales, subgrups residents - no residents, etc.) i variables qualitatives ordinals (ST, A, P) es realitzaran diferents anàlisis estadístiques per veure la dependència entre elles. Especial menció a aquestes tres últimes variables les quals també es prendran com variables quantitatives amb la finalitat de poder comparar-les amb els índexs de PMV proposats per les normatives ASHARE-55 i EN-15251.

3.2.1.1. *Independència entre subgrups o dependència entre variables qualitatives*

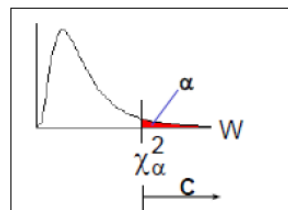
Per analitzar la independència entre subgrups o variables qualitatives s'utilitza la prova de Chi-quadrat. Aquesta prova permet determinar si dues variables qualitatives estan o no associades. Si al final de la prova obtenim que les variables no estan relacionades podrem dir amb un determinat nivell de confiança, prèviament fixat, que ambdues són independents.

El criteri de decisió per determinar la dependència de variables s'estableix amb la següent hipòtesi:

H_0 =les variables són independents

H_1 =les variables són dependents

Si el nivell de significació és menor a 0,05 acceptarem la hipòtesis H_0 i per tant podrem afirmar que les dues mostres són independents.



Gràfic 3: Regió crítica de Chi-quadrat

Per calcular la prova d'independència de Chi quadrat inicialment mostrarem la taula de creuada on es presenta el nombre de casos per cada subgrup.

Utilitzarem aquesta prova per determinar si els residents i no residents tenen una ST, A, i P igual. Si obtenim que els residents i no residents tenen una ST diferent, realitzarem la resta d'anàlisis per separat (residents i no residents).

També utilitzarem aquesta prova per determinar si la ST, A i P és igual en les diferents sales objecte d'estudi.

3.2.1.2. Dependència entre dues variables quantitatives

Per analitzar la dependència entre dues variables quantitatives utilitzarem la prova de correlació de Pearson sempre que les variables siguin normals. És per això que inicialment comprovarem la normalitat de totes les variables utilitzant la prova de Kolmogorov-Smirnov ja que la mostra és superior a 50. Aquesta prova estableix les següents hipòtesis.

- H_0 : El conjunt de dades segueix una distribució normal
- H_1 : El conjunt de dades NO segueix una distribució normal

Assumint que la hipòtesis nul·la és que la mostra té distribució normal, si el p-valor obtingut resulta ser menor a alfa (nivell de significació establert) aleshores la hipòtesis nul·la es rebutja, és a dir que les dades no segueixen una distribució normal. Si en canvi resulta que el p-valor és major a alfa, no es rebutja la hipòtesis nul·la i per tant es conclou que les dades segueixen una distribució normal.

Si les dades segueixen doncs una llei normal podrem utilitzar la correlació de Pearson. En cas contrari utilitzarem la prova no paramètrica de Rho de Spearman.

El valor de l'índex de correlació obtingut variarà en l'interval $[-1,1]$, i les diferents interpretacions del mateix són les següents:

- Si $r = 1$, existeix una correlació positiva perfecta. L'índex indica una dependència total entre les dues variables denominada relació directa: és a dir que quan una d'elles augmenta l'altre també ho fa en una proporció constant.
- Si $0 < r < 1$, existeix una correlació positiva.
- Si $r = 0$, no existeix una relació lineal. Però això no necessàriament implica que les variables siguin independents, ja que poden existir relacions no lineals entre elles.
- Si $-1 < r < 0$, existeix una correlació negativa.

- Si $r = -1$, existeix una correlació negativa perfecta. L'índex indica una dependència total entre les dues variables denominada relació inversa: és a dir, quan una d'elles augmenta l'altre disminueix en una proporció constant.

Una vegada identificades les correlacions entre variables es decidirà quines d'elles es creu més interessant estudiar amb més detall.

És possible que independentment de si estan correlacionades o no unes variables es decideixi d'estudiar-les, com podria ser el cas del la quantitat de roba CLO enfront la temperatura ambient.

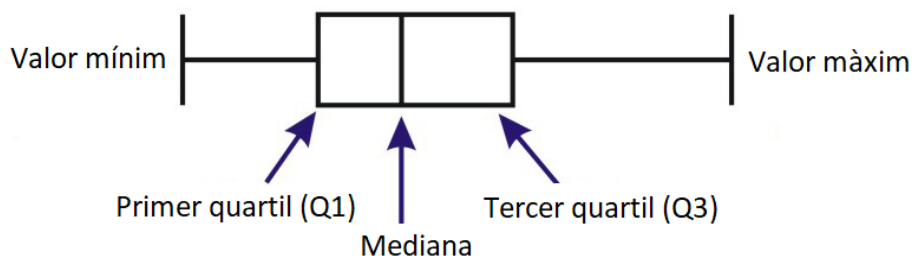
3.2.1.3. Dependència entre una variable quantitativa i una qualitativa

Per tal d'analitzar la dependència entre una variable qualitativa (Ex: resident – no resident, ST, P, A) i una variable quantitativa (Ex. Temperatura, etc.) s'utilitzaran els gràfics de caixes.

És un mètode estandarditzat per representar gràficament una sèrie de dades numèriques a través dels seus quartils. D'aquesta manera, el diagrama de caixa mostra a simple vista la mitjana i els quartils de les dades.

L'avantatge dels gràfics de caixes és que:

- Proporcionen una visió general de la simetria de la distribució de les dades; si la mitjana no està en el centre del rectangle, la distribució no és simètrica.
- Pertany a les eines de les estadística descriptiva. Permet veure com és la dispersió dels punts amb la mediana, els quartils Q1 i Q3 i els valors màxims i mínims.
- Són útils per veure l'existència de valors atípics.
- Faciliten l'anàlisi de la informació en detectar que el 50% de la població està en els límits de la caixa.



Il·lustració 8: Elements d'un diagrama de caixa

Es realitzaran els diagrames de caixa per analitzar les següents variables en funció dels dos grups existents (residents – no residents).

- ST enfront Ta
- P enfront Ta
- A enfront Ta
- ST enfront CLO

3.2.2. Valoració de PMV i PPD segons normatives

El Predicted Mean Vote o opinió mitja estimada és un índex de comoditat tèrmica que es coneix per les sigles PMV.

El Predicted Percentage Dissatisfied (PPD) és el percentatge previsible d'insatisfets en un espai sota unes condicions interiors determinades.

Les equacions de Fanger (Fanger, 1970) s'utilitzen per calcular l'opinió mitjana estimada d'un ampli conjunt de persones en condicions determinades de la temperatura de l'aire, temperatura radiant mitjana, humitat relativa, velocitat de l'aire, índex metabòlic i nivell de vestimenta.

Les normatives ASHRAE 55-2010 i EN-15251-2008 utilitzen el PMV per definir els requisits de les condicions tèrmiques dels locals interiors, exigint que com a mínim el 80% dels ocupants estigui satisfet.

Mitjanant l'eina de *CBE Thermal Comfort Tool* es calcularan els valors de PMV i PPD per ambdues normatives amb els valors d'índex d'aïllament de roba i nivell d'activitat mitjans per sala. Es compararan amb els valors obtinguts de forma experimental, calculant posteriorment la correlació entre els valors teòrics i els valors experimentals.

Per a la comparativa dels valors del PMV segons normatives i la sensació tèrmica (ST) mesurada s'utilitzarà una taula amb el format següent.

Sala	ST	PMV ASHRAE 55:2010	PMV EN-15251:2008
Sala 1	X	X	X
...

Taula 4: Plantilla per a la comparativa de PMV

Per a la comparativa dels valors del PDD segons normatives i el percentatge d'insatisfets mesurat s'utilitzarà una taula amb el format següent.

Sala	PPD ASHRAE 55:2010	PPD EN-15251:2008	Insatisfacció [%]
Sala 1	X	X	X
...

Taula 5: Plantilla per a la comparativa de PPD

Posteriorment es verifica l'existència o no de correlació entre els valors segons normatives i els valors mesurats durant les campanyes experimentals.

3.2.3. Models de predicció

Amb les dades recollides de la monitorització i les avaluacions subjectives als ocupants durant els dies de campanya es procedirà a realitzar diferents tipologies de models de predicció.

3.2.3.1. Model de regressió simple

Per a realitzar aquest model es realitza una recta de regressió entre la temperatura operativa (T_{op}) i el vot de sensació tèrmica (ST).

$$T_{op} = a + b \cdot ST$$

Equació 16: Expressió model de regressió simple

Es realitza una correcció del pendent b degut als errors dels aparells de mesura, on la variància de l'error pren un valor de 0,158 (Barbadilla et al. 2017).

El pendent ajustat es calcula com:

$$b_{adj} = b * \frac{var(error)}{var(T_{op}) - var(error)}$$

Equació 17: Expressió de l'ajust del pendent del model de regressió simple

Finalment el model de regressió queda com:

$$T_{op} = a + b_{adj} \cdot ST$$

Equació 18: Expressió del model de regressió simple ajustat

Aquest model intenta predir la temperatura operativa necessària per a un determinat nivell de sensació tèrmica, obtenint la temperatura neutre o de confort per a un nivell de sensació tèrmica igual a 0.

3.2.3.2. Model adaptatiu de Griffith

Oseland (2004) afirma que la temperatura neutra obtinguda mitjançant l'anàlisi de regressió simple pot no ser adequat per a les campanyes experimentals on els enquestats poden adaptar-se a l'ambient (canviar-se de roba, ajustar el nivell d'activitat etc.). En aquests casos les avaluacions de temperatures de confort esperades tendeix a disminuir artificialment els coeficients de regressió, obtenint estimacions de temperatures neutres més baixes.

Per tal de contrarestar aquest fet, Nicol i Humphreys (2010) proposen utilitzar el mètode de Griffith per a calcular la temperatura neutra o de confort.

$$T_c = T_{op} - \frac{ST}{G}$$

Equació 19: Expressió de la temperatura de confort amb la constant de Griffith

On G és la constant de Griffith, comunament coneguda com a sensibilitat tèrmica, descriu la relació directa entre els vots de sensació tèrmica i la temperatura. Es proposen uns valors de 0,33 i 0,44 de la constant de Griffith, (Barbadilla et al. 2017).

El model de confort adaptatiu s'obté de la regressió lineal entre la temperatura de confort calculada amb el mètode de Griffith i la *Running Mean Temperature* (T_{rm}).

Per al càlcul de la *Running Mean Temperature* Nicol i Humphreys (2010) proposen la següent expressió.

$$T_{rm} = \alpha_{rm} \cdot T_{rm-1} + (1 - \alpha) \cdot T_{a(d-1)}$$

Equació 20: Expressió de la Running Mean Temperature

On:

- α_{rm} és una constant que pren valors entre 0 i 1. Nicol i Humphreys (2010) recomanen 0,8.
- T_{rm} és la *running mean temperature* del dia actual.
- T_{rm-1} és la *running mean temperature* del dia anterior.
- $T_{a(d-1)}$ és la temperatura mitjana del dia anterior.

Per a iniciar el càlcul de la *Running Mean Temperature* Nicol i Humphreys (2010) proposen:

$$T_{rm} = (T_{d-1} + 0,8 \cdot T_{d-2} + 0,6 \cdot T_{d-3} + 0,5T_{d-4} + 0,4 \cdot T_{d-5} + 0,3 \cdot T_{d-6} + 0,2 \cdot T_{d-7})/3,8$$

Equació 21: Expressió per al càlcul de la primera Running Mean Temperature

Finalment s'obté un model lineal de predicció de la temperatura de confort en funció de la *Running Mean Temperature*.

3.2.3.3. Model lineal de predicció de Predicted Mean Vote

El model de regressió lineal és una eina estadística amb la qual es pot estimar la dependència entre la resposta d'un procés i uns factors de control determinats. Es tracta de modelar la relació que hi ha entre una variable dependent i diverses variables independents, afegint a més, un terme aleatori.

Per a realitzar un model de regressió lineal en aquest projecte, el terme dependent és el *Predicted Mean Vote (PMV)*. Les variables independents o factors de control seran: temperatura operativa, humitat relativa, la *running mean temperature*, el nivell d'aïllament de roba (CLO) i el nivell d'activitat física (met).

Generalment un model lineal s'expressa de la següent manera:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \dots + \beta_n \cdot X_n$$

Equació 22: Model de regressió lineal

On:

- Y_t : És la variable dependent.
- X_n : Són les n variables independents.
- β_n : Són els n paràmetres que mesuren la influencia entre les variables independents respecte la dependent. Essent β_0 el terme constant.

Per tal que el model de regressió lineal sigui vàlid, els residus del mateix han de presentar homoscedasticitat i normalitat. Es realitza un gràfic probabilístic normal dels residus per tal de verificar-ho.

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i$$

Equació 23: Residus del model lineal

3.2.3.4. Comparativa entre models

Els models realitzats durant el projecte es comparen amb d'altres de la seva mateixa naturalesa per tal de contrastar la seva validesa i extreure'n conclusions.

El model adaptatiu de Griffith es contrastarà amb altres models adaptatius que presenten la temperatura de confort en funció de la *Running Mean Temperature*. Es realitza un sol gràfic amb els diferents models representats.

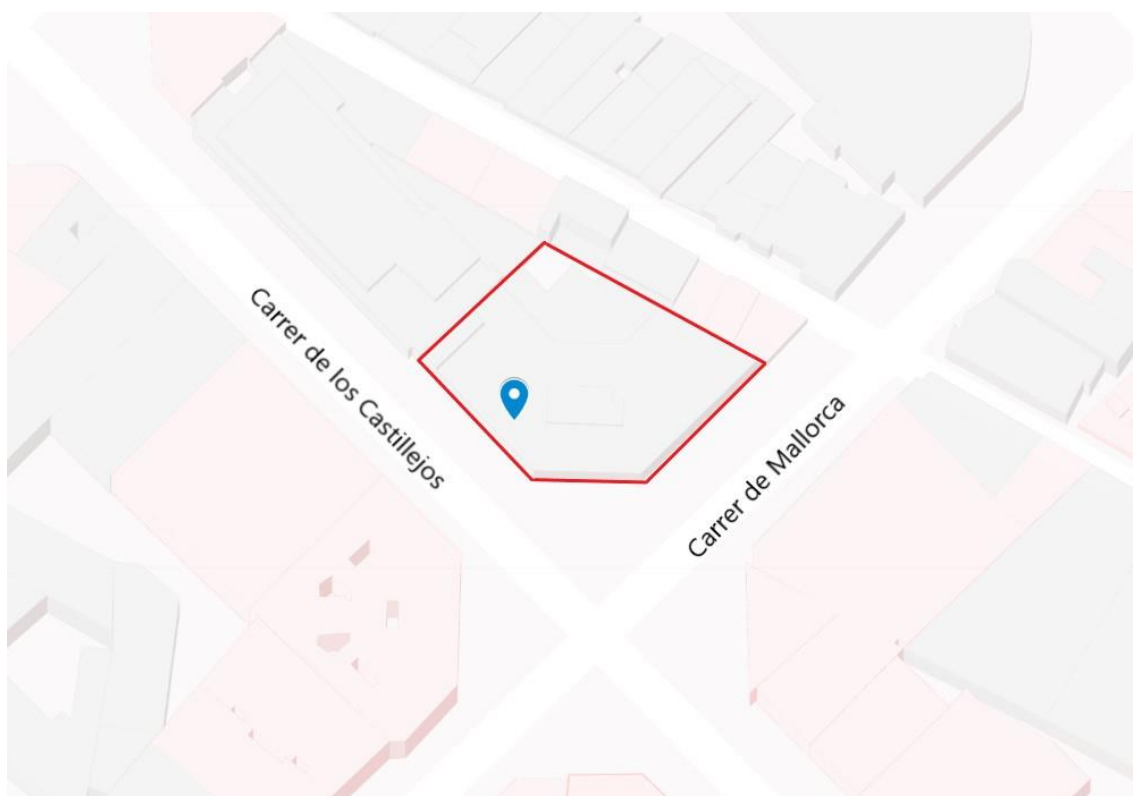
En referència al model de regressió lineal, es representa la resposta (la sensació tèrmica ST) en funció de la temperatura operativa, els demès factors de control es fixen amb els valors obtinguts a les avaluacions subjectives.

Al mateix gràfic s'hi representen els valors del *Predicted Mean Vote (PMV)* calculats segons les normatives ASHRAE-55 i EN-15251.

4. Descripció de l'edifici

4.1. Descripció general de l'edifici del centre residencial Sanitas Sagrada Família

El centre residencial Sagrada Família de Sanitas es troba situat a la cantonada del Carrer de los Castillejos 256-258 amb Carrer de Mallorca 459-463, 08013 a Barcelona, amb orientació sud.



Il·lustració 9: Plànol de situació del centre residencial

La façana d'entrada presenta una orientació sud, les altres dues façanes queden a tocar dels Carrer Mallorca, amb orientació sud-est, i amb el Carrer de los Castillejos amb orientació sud-oest.



Il·lustració 10: Façana sud de l'edifici

L'edifici, del qual es desconeix l'any de construcció, presenta la següent relació d'espais, plantes i superfícies.

Planta	Espai	Superfície (m ²)
Planta -1	Magatzems	66
	Sala Teràpia Ocupacional	62
	Gimnàs	106
	Infermeria	17
	Cuina	88
	Vestuaris	50
	Sala ús múltiple	35
	Bugaderia	41
	Lavabos	25
	Passadissos i altres	108

Planta	Espai	Superfície (m ²)
Planta baixa	Vestíbul	108
	Biblioteca	124
	Despatxos	52
	Menjador	223
	Recepció	13
	Oficina	24
	Sala TV	113
	Passadissos i altres	115
	Lavabos	45
Planta 1 i 2	Menjador	53
	Habitacions	464
	Passadissos i altres	113
	Magatzem	8
	Escales	32
Planta 3, 4 i 5	Magatzem	16
	Habitacions	567
	Passadissos i altres	114
	Escales	32

Taula 6: Distribució dels espais del centre residencial

A la planta soterrani -1 és on es realitzen activitats de teràpia ocupacional, així com activitats físiques al gimnàs.

La planta baixa és la que queda a peu de carrer, és on hi ha la recepció, direcció, menjador i sales com la biblioteca o la sala d'estar.

Les plantes 1 i 2 presenten les mateixes distribucions d'espais i superfícies, són on es troben les habitacions dels residents amb més deteriorament cognitiu i/o motriu, per això aquestes plantes tenen un menjador per als propis residents de la planta.

Les plantes 3, 4 i 5 també presenten entre elles les mateixes distribucions d'espais i superfícies, i són les plantes on tenen habitació els residents amb millor estat cognitiu i físic.

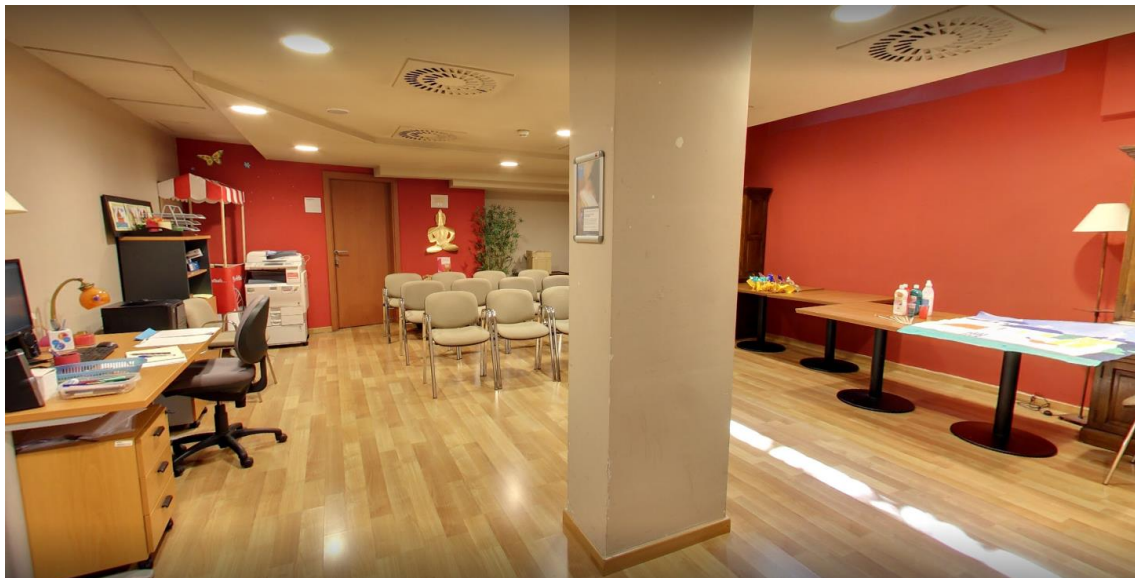
A la coberta s'hi troba la sala de les calderes i una instal·lació de plaques termosolars per a l'aigua calenta sanitària, actualment en desús.

4.2. Descripció sales on es realitza l'estudi

En total s'ha realitzat l'estudi a quatre sales diferents del centre residencial Sagrada Família; la sala de teràpia ocupacional, el gimnàs, la biblioteca i la sala d'estar.

La sala de teràpia ocupacional està situada a la planta soterrani -1. Presenta una superfície de 62m² amb una planta gairebé rectangular. S'hi entra per la única porta d'accés i no hi ha finestres. Aquesta sala és a tocar de la façana sud-est paral·lela al Carrer de Mallorca.

En aquest espai els residents realitzen activitats com sopes de lletres, operacions matemàtiques i demés per a estimular en desenvolupament cognitiu.



Il·lustració 11: Sala de teràpia ocupacional

El gimnàs també està situat a la planta soterrani -1 amb orientació sud, a tocar de la cantonada entre el Carrer de Mallorca i el Carrer de los Castillejos.

Presenta una superfície de 106 m² i una planta rectangular més allargada que la sala de teràpia ocupacional.

Té una única entrada i cap finestra.

En aquest espai els residents realitzen exercicis físics asseguts a les cadires seguint les indicacions de la fisioterapeuta.



Il·lustració 12: Gimnàs

La biblioteca està situada a la planta baixa a l'alçada del carrer. Està a tocar amb la façana sud-oest.

Aquest espai està format per dues sales, cadascuna amb una entrada pròpia i una obertura entre les mateixes que permet unir-les i fer un espai més gran. La superfície total de la biblioteca és de 124 m².

Al llarg de la paret a tocar de la façana sud-oest s'hi disposa un seguit de 6 vidrieres de 2,75 metres d'amplada cada 60 centímetres de paret.

En aquesta sala s'hi disposa de taules, butaques i sofàs on els residents participen en teràpies ocupacionals, llegeixen o simplement parlen els uns amb els altres.



Il·lustració 13: Biblioteca

L'última sala del centre residencial on s'hi prenen mesures és la sala d'estar o sala TV. Està situada també a la planta baixa, a peu de carrer, i té una superfície de 113 m².

Presenta una orientació sud i sud-est, i llinda amb la mateixa façana.

Té una única porta d'accés i vidrieres de 2,75 metres d'amplada al llarg de la paret de la façana.

En aquest espai hi ha taules, butaques i sofàs, i és on els residents miren el televisor i reben visites.

4.3. Instal·lació de climatització i ventilació

El centre residencial presenta una solució a la climatització amb un sistema tot aigua a dos tubs. A la planta coberta hi ha la sala de calderes, amb dues calderes i dues refredadores. Les unitats terminals encarregades de climatitzar totes les sales i habitacions són fancoils.

Una de les calderes, de condensació, està en funcionament constant, la segona caldera s'utilitza com a suport de la primera per als pics de consum, es tracta de la caldera antiga de menor rendiment que la que actualment és la principal.

Tot el sistema de fancoils penja del mateix circuit secundari, i presenten 3 velocitats de funcionament d'aire diferents i una temperatura de consigna de 22 °C a tot l'edifici. El control del sistema de climatització queda centralitzat des de la sala de control situada al costat de recepció. S'estableixen els horaris d'encesa i apagada per habitacions i/o plantes i puntualment es podrien modificar les temperatures de les habitacions a petició dels residents i/o els seus familiars.

A les sales comunes, com les de la planta baixa, l'horari de funcionament de la calefacció és de 7:30h fins les 22:00h ininterrompudament.

A les habitacions es posa en marxa de 7:00h a 10:00h, de 13:00h a 14:30h i de 19:00h a 22:00h.

En el que respecta a la ventilació, hi ha 7 recuperadors de calor situats a la coberta. Es desconeix les àrees que alimenten cada recuperador i l'horari de funcionament dels mateixos.

La ventilació procedent dels recuperadors està connectada als fancoils.

A nivell de ventilació natural, cada matí s'obren les finestres.

4.4. Descripció de les rutines dels residents

No hi ha una rutina preestablerta que es compleixi amb exactitud cada dia, però orientativament els responsables del Centre Residencial van comentar unes pautes que més o menys es segueixen cada dia, les quals van ser de profit per decidir a quines sales es realitzaria l'estudi i quan.

Cada dia de la setmana, des de les 10:00h fins les 13:00h, es realitzen activitats físiques al gimnàs dirigides per la fisioterapeuta.

Els dimarts i els dijous, els residents amb millor estat físic i cognitiu, formen un grup per passejar pels voltants de la residència d'11:30 a 13:00h.

Després de dinar, de 14:00h a 15:30h, els residents fan la migdiada a les habitacions, o descansen a les sales d'estar. És una franja de temps on és complicat trobar residents predisposats a participar amb el projecte i respondre les enquestes.

A les 16:30h es dona berenar als residents que així ho vulguin a les sales d'estar de la planta baixa, coincideix amb la franja de visites de familiars amb més aflluència.

Finalment, de les 17:00h fins les 19:00h es reuneixen grups de residents per a jugar a jocs de taula a la biblioteca de la planta baixa.

4.5. Descripció de les dades exteriors

En aquest apartat s'explicarà i mostraran les condicions ambientals exteriors de la zona de l'estació meteorològica del Raval, la més propera a l'edifici objecte d'estudi, amb la qual cosa es prendran aquestes dades com les que hi ha a l'exterior de l'edifici de Sanitas Sagrada Família.

En primer lloc s'analitzaran de manera global les dades al llarg de tot l'any, separat per mesos o estacions, i en segon lloc ens centrarem únicament en els mesos d'hivern, que són els que es tenen en compte en aquest projecte.

4.5.1 Dades anuals

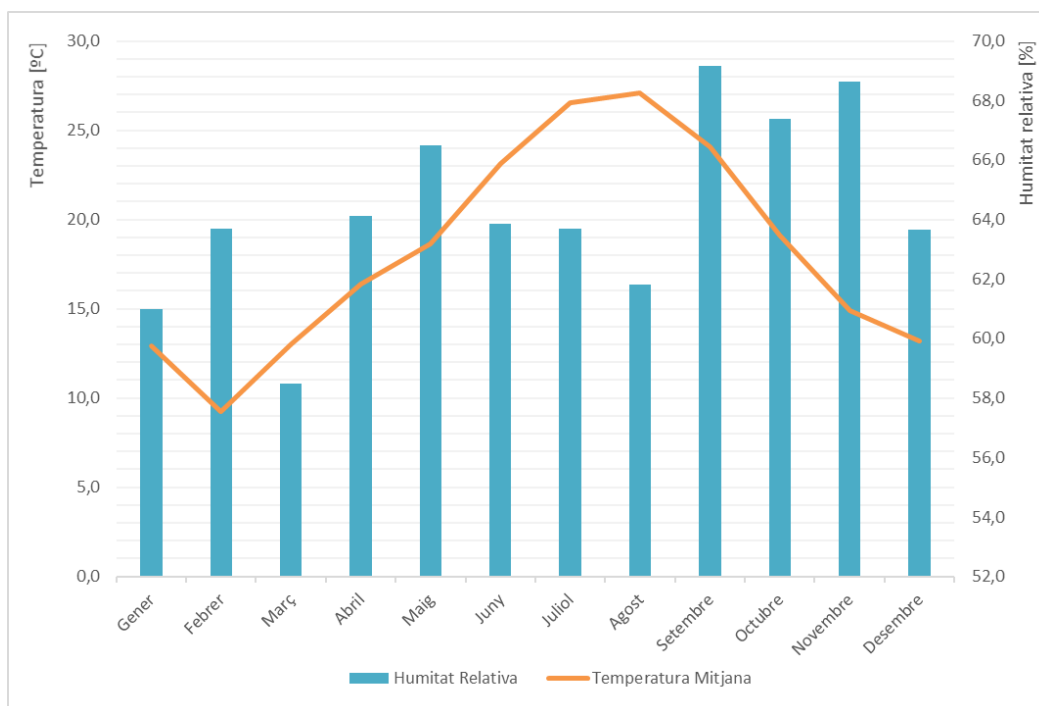
A la següent taula es mostren els mínims, màxims, mitjanes i desviacions de les temperatures i humitat relatives exteriors tenint en compte els valors per a cada estació de l'any. Totes les dades han estat preses a l'estació meteorològica del Raval, i han estat cedides per el Servei Meteorològic de Catalunya.

		Temperatures (°C)	Humitat relativa (%)
Hivern	Mitjana	11,7	61,5
	Desviació	2,9	12,2
	Mínim	1,1	27
	Màxim	22,6	88
Primavera	Mitjana	17,8	63,7
	Desviació	3,78	10,32
	Mínim	6,2	28
	Màxim	31,5	86
Estiu	Mitjana	26	64,6
	Desviació	1,9	8,3
	Mínim	18,3	44
	Màxim	36,9	81
Tardor	Mitjana	16,9	66,9
	Desviació	3,8	9,8
	Mínim	7,4	36
	Màxim	29,2	92

Taula 7: Temperatures i humitats per estacions

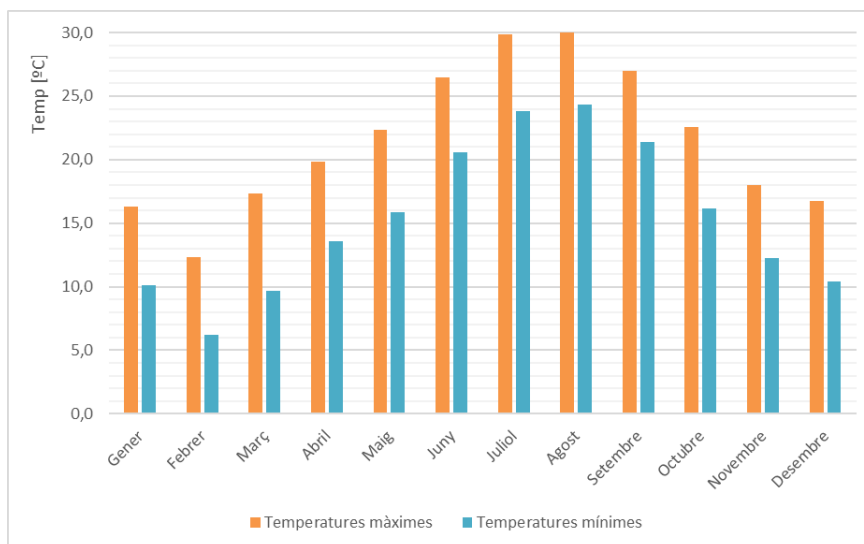
A la següent gràfica s'han representat els valors mitjans d'humitat relativa i mitjana de temperatura mensuals al llarg de tot l'any, detallat per mesos.

El gràfic de línia representa el valor de la temperatura mitjana mes a mes i el gràfic de barres representa el valor de la humitat relativa.



Gràfic 4: Evolució de la temperatura i humitat al llarg de l'any

A la gràfica següent es mostren els màxims i mínims de temperatures mensuals al llarg de tot l'any, mes a mes.



Gràfic 5: Temperatures màximes i mínimes anuals

Un aspecte interessant és apreciar que l'amplitud tèrmica es manté molt constant al llarg de tot l'any. L'amplitud tèrmica és la diferència entre la temperatura màxima i la mínima d'un període determinat de temps, tot i que quan s'evidencia més és en la variació diària de la temperatura. Aquest paràmetre està molt relacionat amb la proximitat d'un punt del territori a la costa.

Així, com més lluny del mar, més amplitud tèrmica, mentre que els sectors litorals i els més oberts a la influència del mar són els que tenen una amplitud tèrmica menor. Conseqüentment els climes més allunyats del mar es caracteritzen per tenir unes majors variacions tèrmiques al llarg del dia i de l'any, a diferència dels climes litorals, que són protagonitzats per una major estabilitat de les temperatures.

4.5.2 Dades dels mesos d'hivern

En aquest apartat es realitzarà el mateix que a l'apartat anterior però tenint en compte únicament els mesos d'hivern (desembre a març), ja que el present projecte es desenvolupa durant l'hivern, i es creu convenient observar les dades amb més detall.

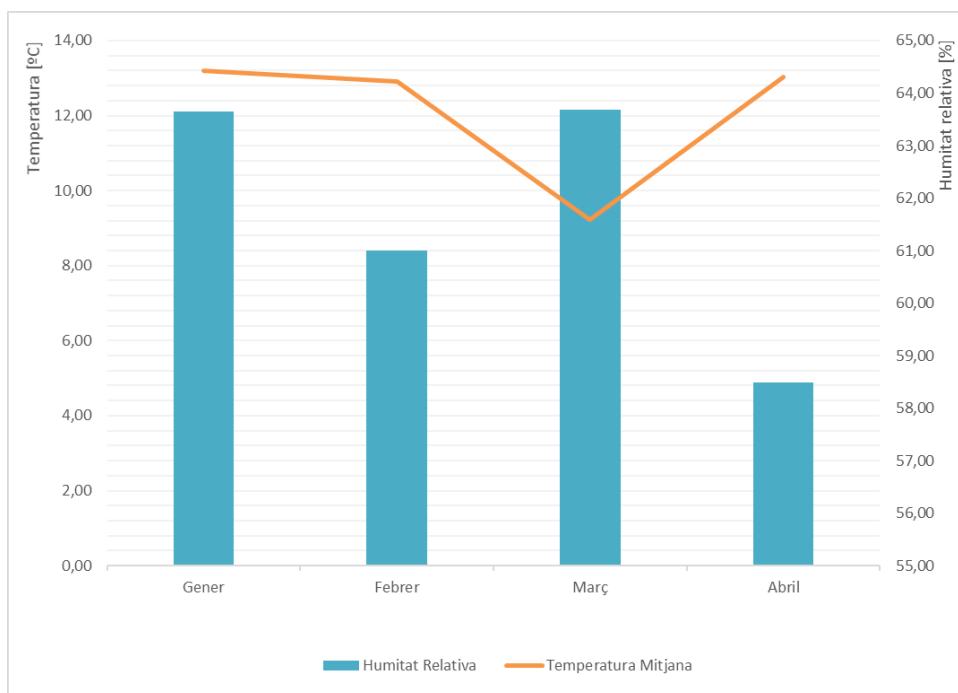
A la següent taula es mostren els mínims, màxims, mitjanes i desviacions de les temperatures i humitat relatives tenint en compte els valors durant els mesos d'hivern.

		Temperatures (°C)	Humitat relativa (%)
Hivern	Mitjana	11,7	61,5
	Desviació	2,9	12,2
	Mínim	1,1	27
	Màxim	22,6	88

Taula 8: Dades dels mesos d'hivern

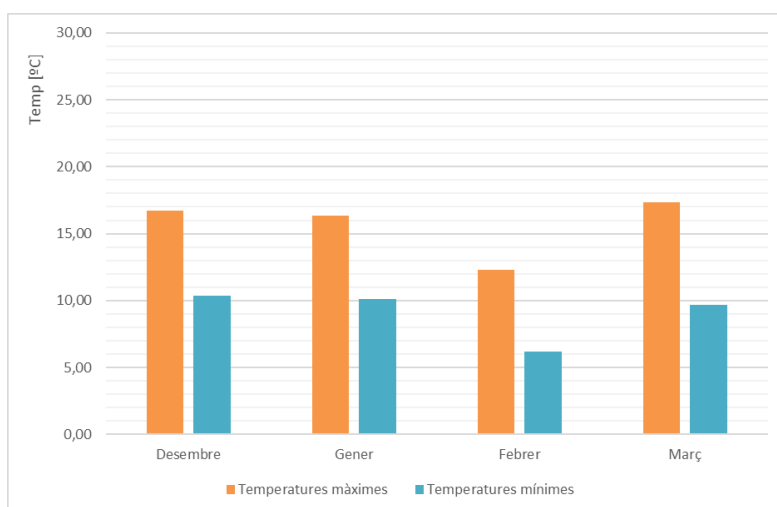
S'observa que la temperatura mitjana registrada durant l'hivern és de 11,7 °C; amb un valor màxim de 22,6 °C i un valor mínim de 1,1 °C. El valor mig d'humitat relativa durant l'hivern és del 61,5%.

A la següent gràfica s'han representat els valors mitjans d'humitat relativa i mitjana de temperatura mensuals del període d'hivern. El gràfic de línia representa el valor de la temperatura mitjana mes a mes i el gràfic de barres representa el valor de la humitat relativa.



Gràfic 6: Temperatura mesos d'hivern

A la gràfica següent es mostren els màxims i mínims de temperatures mensuals durant els mesos d'hivern.



Gràfic 7: Temperatures màximes i mínimes dels mesos d'hivern

Es pot veure que l'amplitud tèrmica és força constant, i que el mes més fred és el mes de febrer.

5. Descripció de les dades recollides

5.1. Període en el que es realitza l'estudi i periodicitat de recollida de dades

L'estudi realitzat en aquest projecte es basa en els mesos d'hivern de l'any 2019. En concret, la campanya experimental de recollida de dades s'ha realitzat en tres dies; divendres dia 1 de febrer, dimecres dia 20 de febrer i dimecres dia 6 de març.

La recollida de dades s'ha realitzat cada dia en un horari de 10:00h del matí fins a les 17:00h de la tarda, que corresponen amb l'horari on els residents presenten una major activitat.

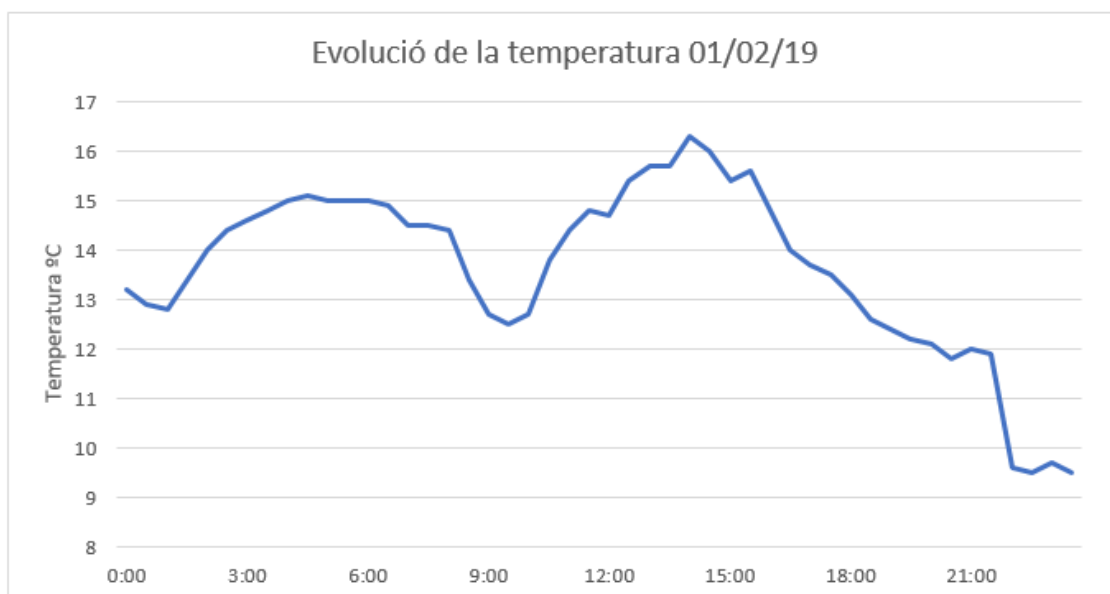
L'equip de mesura amb el qual es realitzava la monitorització de les condicions interiors de les sales prenia dades cada 15 segons, i es deixava al voltant de 15 a 20 minuts recollint mostres mentre es duïen a terme les enquestes d'avaluació subjectiva als ocupants.

5.1.1. Descripció de les dades 01/02/2019

De l'estació meteorològica del Raval, la més propera al centre residencial Sanitas Sagrada Família, s'extreuen les següents dades de temperatura i humitats exteriors del primer dia de recollida de dades, cedides pel Meteocat, Servei Meteorològic de Catalunya.

Divendres dia 1 de febrer del 2019			
	Temperatura exterior (°C)	Humitat relativa exterior (%)	Velocitat de l'aire (km/h)
Mitjana	13,65	65,15	11,38
Desviació estàndard	1,72	9,4	4,68
Mínim	9,5	38	2,2
Màxim	16,3	79	19,4

Taula 9: Condicions exteriors del primer dia de campanya



Gràfic 8: Evolució de la temperatura exterior del primer dia de campanya

A continuació es mostren les dades de les condicions interiors de les sales durant els períodes de recollida de mostres. Un total de 5 períodes i sales diferenciats, a la sala de teràpia ocupacional, al gimnàs i a la biblioteca durant el matí, i a la tarda de nou a la biblioteca i a la sala TV.

Estudi de les condicions de confort per a la gent gran en
diverses estances del centre residencial Sagrada Família de Sanitas

Divendres dia 1 de febrer del 2019

Espai		Temperatura del globus (°C)	Temperatura Ambient (°C)	Humitat relativa (%)	Velocitat de l'aire (m/s)	Temperatura radiant (°C)	Temperatura operativa (°C)
Sala Teràpia Ocupacional	Mitjana	27,08	26,14	33,87	0,01	27,43	26,79
	Desviació	0,04	0,07	0,21	0,04	0,08	0,06
	Mínim	27	26	33,5	0	27,3	26,65
	Màxim	27,1	26,2	34,3	0,28	28	27,05
Gimnàs	Mitjana	22,87	23,31	35,56	0,02	22,72	23,02
	Desviació	0,29	0,27	0,09	0,04	0,31	0,29
	Mínim	22,5	22,9	35,4	0	22,1	22,5
	Màxim	23,4	23,7	36,2	0,26	23,2	23,45
Biblioteca	Mitjana	25,6	24,53	36,01	0,01	26,04	25,29
	Desviació	1,67	0,88	0,06	0,03	2,1	1,46
	Mínim	24,1	23,7	35,9	0	24,2	23,95
	Màxim	28,5	26,2	36,2	0,29	30	27,75
Biblioteca	Mitjana	23,14	23,32	36,42	0,01	23,09	23,21
	Desviació	0,06	0,06	0,06	0,03	0,07	0,06
	Mínim	23	23,2	36,3	0	22,7	22,95
	Màxim	23,2	23,4	36,6	0,28	23,2	23,3
Sala TV	Mitjana	24,72	24,78	36,06	0	24,69	24,74
	Desviació	0,05	0,05	0,07	0,01	0,05	0,04
	Mínim	24,6	24,7	35,9	0	24,5	24,6
	Màxim	24,8	24,9	36,1	0,07	24,8	24,8

Taula 10: Condicions interiors per sala

Durant la campanya experimental del divendres dia 1 de febrer del 2019 es van realitzar un total de 62 enquestes, 52 residents i 10 ocupants no residents (treballadors, acompanyants etc.,).

Seguidament es mostra una taula resum amb les mitjanes de nivells d'aïllament de roba, nivells d'activitats, així com les respostes de l'enquesta subjectiva (sensació tèrmica, preferència i acceptabilitat) tant pels residents com pels ocupants no residents.

Divendres dia 1 de febrer del 2019

Espai	Nombre total		
	d'ocupants	Residents	No residents
Teràpia Ocupacional	14	9	5
Gimnàs	24	22	2
Biblioteca	10	9	1
Biblioteca	7	7	0
Sala TV	7	5	2

Taula 11: Nombre d'enquestats el primer dia de campanya

Divendres dia 1 de febrer del 2019

Espai	Aïllament roba residents (clo)	Nivell d'activitat resident (met)	Aïllament roba no residents (clo)	Nivell activitat no residents (met)
Teràpia Ocupacional	0,88	1,2	0,69	1,36
Gimnàs	0,9	1,4	0,69	1,4
Biblioteca	0,92	1,4	0,9	1,4
Biblioteca	0,95	1,34	-	-
Sala TV	0,98	1	0,67	1,2
Mitjana	0,93	1,27	0,74	1,34

Taula 12: Dades dels enquestats el primer dia de campanya

Seguidament es presenten els resultats de l'avaluació subjectiva del primer dia de recollida de dades, on es va avaluar la Sensació Tèrmica en una escala de -3 a 3, la Preferència en una escala de -1 a 1 i l'Acceptabilitat, amb valors contraposats de 0 o 1.

Divendres dia 1 de febrer del 2019

Espai	Sensació Tèrmica Residents	Preferència Residents	Acceptabilitat Residents	Sensació Tèrmica No Residents	Preferència No residents	Acceptabilitat No residents
Teràpia Ocupacional	0,56	0,11	1	1,6	-0,8	1
Gimnàs	0,05	-0,05	1	-1,5	0,5	1
Biblioteca	1	-0,22	0,89	0	0	1
Biblioteca	0,43	0,43	1	-	-	-
Sala TV	0	0	1	2	-1	1
Mitjana	0,41	0,05	0,98	0,53	-0,33	1,00

Taula 13: Resultats mitjans de l'avaluació subjectiva del primer dia de campanya

De les dades reflectides a les taules resum mostrades anteriorment, se'n extreu que en mitjana, els ocupants no residents presenten una sensació tèrmica lleugerament més càlida a la dels residents. Recolzant aquesta afirmació també es mostra que els residents ni abaixarien ni apujarien la temperatura de la calefacció, mentre que els ocupants no residents presenten en mitjana una preferència més freda.

En ambdós grups l'acceptabilitat és pràcticament 1, ambient acceptable.

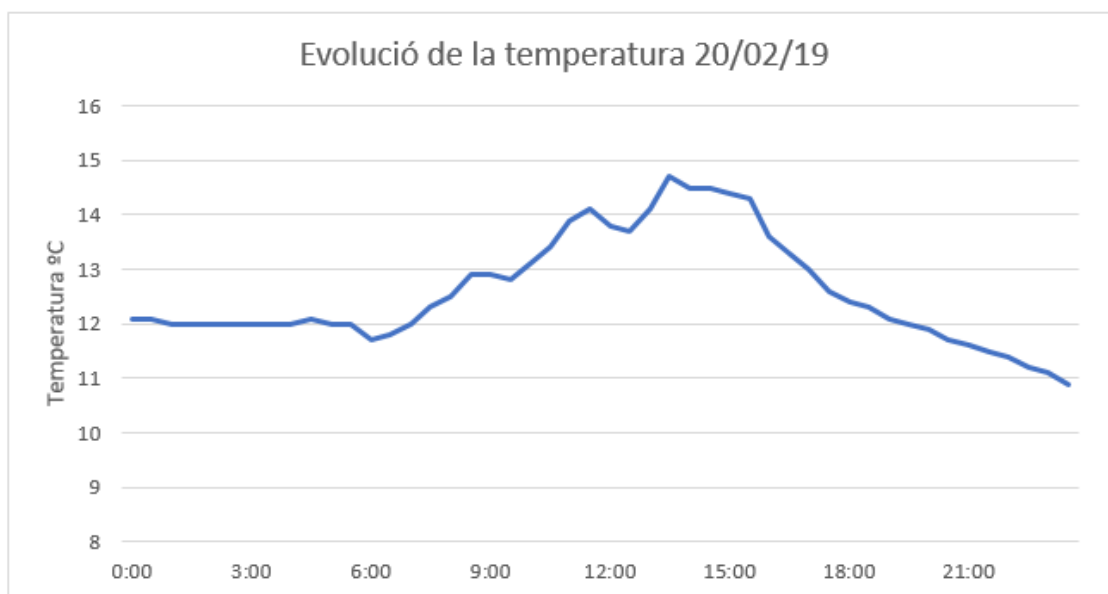
5.1.2. Descripció de les dades 20/02/2019

Seguidament es presenten les dades de temperatura i humitat exteriors del segon dia de recollida de dades. Extreptes de l'estació meteorològica del Raval.

Dimecres dia 20 de febrer del 2019

	Temperatura exterior (°C)	Humitat relativa exterior (%)	Velocitat de l'aire (km/h)
Mitjana	12,59	62,02	4,54
Desviació estàndard	1,01	8,27	2,61
Mínim	10,9	46	0,7
Màxim	14,7	72	10,4

Taula 14: Condicions exteriors del segon dia de campanya



Gràfic 9: Evolució de la temperatura exterior el segon dia de campanya

Durant aquest segon dia de campanya experimental es van monitoritzar 5 sales. La sala de teràpia ocupacional, gimnàs i biblioteca pel matí, i a la tarda un altre cop biblioteca i la sala de teràpia ocupacional per finalitzar.

Es va realitzar un total de 54 enquestes, de les quals 9 van ser a ocupants no residents i 45 a residents.

A continuació es mostren unes taules on es mostra el nombre d'enquestats per sala, així com les mitjanes de nivells d'aïllament de roba, nivells d'activitat i les respostes a les avaluacions subjectives, tant pels residents com pels ocupants no residents.

Dimecres dia 20 de febrer del 2019

Espai	Nombre total		
	d'ocupants	Residents	No residents
Teràpia Ocupacional	7	4	3
Gimnàs	13	11	2
Biblioteca	11	10	1
Biblioteca	14	13	1
Teràpia Ocupacional	9	7	2

Taula 15: Nombre d'enquestats del segon dia de campanya

Dimecres dia 20 de febrer del 2019

Espai	Aïllament roba residents (clo)	Nivell d'activitat resident (met)	Aïllament roba no residents (clo)	Nivell activitat no residents (met)
Teràpia Ocupacional	0,91	1,2	0,87	1,4
Gimnàs	0,94	1	0,6	1,4
Biblioteca	0,94	1,04	0,78	1,2
Biblioteca	0,97	1	0,55	1
Teràpia Ocupacional	0,84	1	0,78	1,4
Mitjana	0,92	1,05	0,72	1,28

Taula 16: Dades dels enquestats del segon dia de campanya

Dimecres dia 20 de febrer del 2019

Espai	Sensació Tèrmica Residents	Preferència Residents	Acceptabilitat Residents	Sensació Tèrmica No Residents	Preferència No residents	Acceptabilitat No residents
Teràpia Ocupacional	0,25	0	0,75	0,67	-0,67	0,67
Gimnàs	0	-0,1	0,63	0	0	1
Biblioteca	0,1	-0,2	0,8	0	0	1
Biblioteca	0	0	0,77	1	-1	1
Teràpia Ocupacional	-0,43	0	1	-1	1	1
Mitjana	-0,02	-0,06	0,79	0,13	-0,13	0,93

Taula 17: Resultats mitjans de l'avaluació subjectiva del segon dia de campanya

Dels resultats mitjans de l'avaluació subjectiva del segon dia s'observa una sensació tèrmica més càlida per part dels enquestats no residents que la dels residents. En addició, els ocupants no residents mostraven en mitjana una preferència per un ambient més fresc que els residents. Tot i així, els residents van considerar menys acceptable l'ambient que els enquestats no residents.

A continuació es mostren les dades de les condicions interiors de les sales durant els períodes de monitorització.

Estudi de les condicions de confort per a la gent gran en
diverses estances del centre residencial Sagrada Família de Sanitas

Dimecres dia 20 de febrer del 2019

Espai		Temperatura del globus (°C)	Temperatura Ambient (°C)	Humitat relativa (%)	Velocitat de l'aire (m/s)	Temperatura radiant (°C)	Temperatura operativa (°C)
Sala Teràpia Ocupacional	Mitjana	22,88	22,69	48,41	0,01	22,93	22,81
	Desviació	0,04	0,03	0,05	0,02	0,06	0,04
	Mínim	22,80	22,60	48,30	0,00	22,80	22,70
	Màxim	22,90	22,70	48,70	0,11	23,10	22,90
Gimnàs	Mitjana	23,30	23,57	48,03	0,02	23,22	23,40
	Desviació	0,13	0,09	0,08	0,04	0,19	0,14
	Mínim	23,00	23,30	47,80	0,00	22,70	23,00
	Màxim	23,40	23,70	48,30	0,14	23,40	23,55
Biblioteca	Mitjana	22,80	22,89	48,21	0,00	22,75	22,82
	Desviació	0,01	0,02	0,06	0,02	0,05	0,03
	Mínim	22,80	22,80	48,10	0,00	22,70	22,75
	Màxim	22,90	22,90	48,50	0,12	22,90	22,90
Biblioteca	Mitjana	23,60	23,46	45,94	0,01	23,61	23,54
	Desviació	0,00	0,05	0,07	0,02	0,03	0,03
	Mínim	23,60	23,40	45,90	0,00	23,60	23,50
	Màxim	23,60	23,50	46,20	0,10	23,70	23,60
Sala Teràpia Ocupacional	Mitjana	22,01	22,17	46,41	0,01	21,96	22,07
	Desviació	0,04	0,05	0,05	0,02	0,05	0,05
	Mínim	21,90	22,10	46,30	0,00	21,90	22,00
	Màxim	22,10	22,20	46,70	0,10	22,00	22,10

Taula 18: Condicions interiors per sala del segon dia de campanya

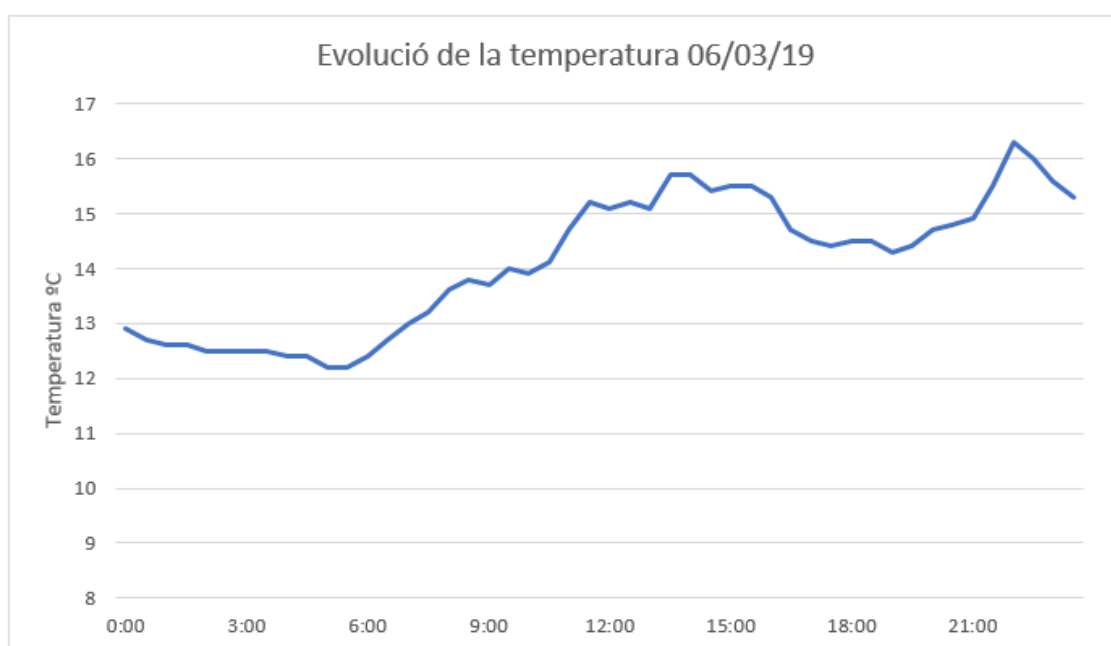
5.1.3. Descripció de les dades 06/03/2019

Seguidament es presenten les dades de temperatura i humitat exteriors del tercer dia de recollida de dades. Extreptes de l'estació meteorològica del Raval.

Dimecres dia 6 de març del 2019

	Temperatura exterior (°C)	Humitat relativa exterior (%)	Velocitat de l'aire (km/h)
Mitjana	14,11	76,69	6,52
Desviació estàndard	1,24	9,20	2,43
Mínim	12,2	47	2,9
Màxim	16,3	87	12,6

Taula 19: Dades exteriors del tercer dia de campanya



Gràfic 10: Evolució de la temperatura exterior del tercer dia de campanya

Durant aquest tercer i últim dia de campanya experimental es van monitoritzar 6 sales. La biblioteca, la sala de teràpia ocupacional, el gimnàs i la sala TV durant el període del matí, i a la tarda de nou la biblioteca i la sala de teràpia ocupacional per finalitzar.

Es va realitzar un total de 79 enquestes, de les quals 11 van ser a ocupants no residents i 68 a residents.

És el dia que més avaluacions objectives es van realitzar.

A continuació es mostren unes taules on es mostra el nombre d'enquestats per sala, així com les mitjanes de nivells d'aïllament de roba, nivells d'activitat i les respostes a les avaluacions subjectives, tant pels residents com pels ocupants no residents.

Dimecres dia 6 de març del 2019

Espai	Nombre total		
	d'ocupants	Residents	No residents
Biblioteca	24	24	-
Teràpia Ocupacional	8	6	2
Gimnàs	16	13	3
Sala TV	7	5	2
Biblioteca	16	14	2
Teràpia Ocupacional	8	6	2

Taula 20: Nombre d'enquestats del tercer dia de campanya

Dimecres dia 6 de març del 2019

Espai	Aïllament roba		Nivell d'activitat	
	residents (clo)	resident (met)	residents (clo)	residents (met)
Biblioteca	0,90	1,03	-	-
Teràpia Ocupacional	0,90	1,2	0,82	1,3
Gimnàs	0,95	1	0,61	1,4
Sala TV	0,8	1	1,05	1
Biblioteca	0,92	1	0,61	1,2
Teràpia Ocupacional	0,84	1	0,76	1,2
Mitjana	0,89	1,04	0,77	1,22

Taula 21: Dades dels enquestats del tercer dia de campanya

Dimecres dia 6 de març del 2019

Espai	Sensació Tèrmica Residents	Preferència Residents	Acceptabilitat Residents	Sensació Tèrmica No Residents	Preferència No residents	Acceptabilitat No residents
Biblioteca	0,25	-0,21	0,79	-	-	-
Teràpia Ocupacional	0,17	-0,33	1	0	0	1
Gimnàs	0,23	-0,15	0,85	2	-1	0,33
Sala TV	0,2	0	0,8	0	0	0,5
Biblioteca	0,29	-0,14	0,78	1	-0,5	0
Teràpia Ocupacional	0	0	0,83	-1	0	1
Mitjana	0,19	-0,14	0,84	0,40	-0,30	0,57

Taula 22: Resultats mitjans de l'avaluació subjectiva del tercer dia de campanya

Dels resultats de les avaluacions subjectives realitzades durant l'últim dia de campanya experimental se'n extreu que tots els ocupants, residents i no residents presenten en mitjana una lleugera sensació tèrmica cap a la calidesa, essent més accentuada pel grup de no residents. La preferència en ambdós grups reflexa el esmentat anteriorment, hi ha una voluntat d'un ambient més fresc. L'acceptabilitat en mitjana per part dels no residents és la menor de tots tres dies de campanya experimental.

A continuació es mostren les dades de les condicions interiors de les sales durant els períodes de monitorització.

Estudi de les condicions de confort per a la gent gran en diverses estances del centre residencial Sagrada Família de Sanitas

Dimecres dia 6 de març del 2019

Espai		Temperatura del globus (°C)	Temperatura Ambient (°C)	Humitat relativa (%)	Velocitat de l'aire (m/s)	Temperatura radiant (°C)	Temperatura operativa (°C)
Biblioteca	Mitjana	24,38	24,36	52,93	0,00	24,38	24,37
	Desviació	0,08	0,11	0,10	0,01	0,08	0,09
	Mínim	24,30	24,20	52,80	0,00	24,30	24,25
	Màxim	24,50	24,50	53,30	0,09	24,50	24,50
Sala Teràpia Ocupacional	Mitjana	22,50	22,77	53,55	0,01	22,42	22,60
	Desviació	0,07	0,05	0,07	0,03	0,07	0,05
	Mínim	22,40	22,70	53,50	0,00	22,30	22,50
	Màxim	22,60	22,80	53,70	0,22	22,50	22,65
Gimnàs	Mitjana	25,04	25,33	52,04	0,02	24,95	25,14
	Desviació	0,08	0,11	0,05	0,02	0,08	0,09
	Mínim	24,90	25,20	51,90	0,00	24,80	25,00
	Màxim	25,20	25,60	52,20	0,07	25,10	25,35
Sala TV	Mitjana	23,73	23,83	52,41	0,01	23,72	23,78
	Desviació	0,05	0,05	0,11	0,01	0,04	0,04
	Mínim	23,70	23,80	52,20	0,00	23,70	23,75
	Màxim	23,80	23,90	52,80	0,08	23,80	23,85
Biblioteca	Mitjana	24,51	24,67	51,63	0,01	24,46	24,57
	Desviació	0,07	0,07	0,14	0,05	0,06	0,06
	Mínim	24,40	24,60	51,30	0,00	24,30	24,45
	Màxim	24,60	24,80	51,80	0,32	24,50	24,65
Sala Teràpia Ocupacional	Mitjana	22,70	22,90	52,51	0,00	22,67	22,79
	Desviació	0,00	0,02	0,05	0,00	0,05	0,02
	Mínim	22,70	22,90	52,50	0,00	22,60	22,75
	Màxim	22,70	23,00	52,80	0,00	22,70	22,85

Taula 23: Condicions interiors de les sales del tercer dia de campanya

6. Anàlisi de les dades

En aquest apartat es realitzarà el tractament i anàlisi de totes les dades recollides durant la campanya experimental, les dades de les condicions interiors obtingudes mitjançant la monitorització de les sales, els resultats de les avaluacions subjectives realitzades i les dades de les condicions exteriors de l'estació meteorològica del Raval cedides pel Servei Meteorològic de Catalunya (Meteocat).

6.1. Prova d'independència entre subgrups: residents i no residents

Per analitzar si els residents i els no residents tenen una mateixa sensació tèrmica utilitzarem la prova de Chi quadrat. En la següent taula s'hi mostra en nombre de vots (ST) tant de residents (R) com de no residents (N).

			Sensació Tèrmica					Total
			-1	0	1	2	3	
Tipus	N	Recompte	5	10	6	9	0	30
		% dins de Tipus	16,7%	33,3%	20,0%	30,0%	0,0%	100,0%
	R	Recompte	12	122	20	9	2	165
		% dins de Tipus	7,3%	73,9%	12,1%	5,5%	1,2%	100,0%
Total		Recompte	17	132	26	18	2	195
		% dins de Tipus	8,7%	67,7%	13,3%	9,2%	1,0%	100,0%

Taula 24: Freqüència de vots de sensació tèrmica

La taula creuada presenta varies caselles amb valors molt baixos o fins i tot 0. Aquest fet pot comportar una pèrdua de significació alhora de realitzar la prova d'independència Chi-quadrat. Per tal d'evitar-ho és convenient agrupar les classes 2 i 3 en un sol grup de vots.

			Sensació Tèrmica				
			-1	0	1	2-3	Total
Tipus	N	Recompte	5	10	6	9	30
		% dins de Tipus	16,7%	33,3%	20,0%	30,0%	100,0%
	R	Recompte	12	122	20	11	165
		% dins de Tipus	7,3%	73,9%	12,1%	6,7%	100,0%
Total		Recompte	17	132	26	20	195
		% dins de Tipus	8,7%	67,7%	13,3%	10,3%	100,0%

Taula 25: Freqüència de vots de sensació tèrmica

Al grup de no residents només un 33% dels enquestats presenten una sensació tèrmica neutre, un 50% presenten una sensació tèrmica major o igual a 1.

Per l'altre banda, la majoria dels residents presenten una sensació tèrmica neutre, un 67,7%. Repartint-se la resta de vots amb una tendència de més calor que de fred.

	Valor	df	Significació asimptòtica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	23,410 ^a	3	,000
Razón de verosimilitud	20,396	3	,000
N de casos válidos	195		

a. 3 caselles (37,5%) han esperat un recompte menor que 5. El recompte mínim esperat es 2,62.

Taula 26: Prova de la Chi-quadrat

Obtenim un valor de significació inferior a 0,05, per tant acceptem la hipòtesi nul·la, les variables són independents, tal i com semblava després d'analitzar la taula de freqüències.

Per tant, els anàlisis posteriors es realitzaran tenint en compte dos subgrups: Residents i no residents.

6.2. Prova d'independència entre les diferent sales monitoritzades

En aquest punt es vol comprovar si hi ha alguna relació entre la sensació tèrmica que s'experimenta i l'espai o sala on es troben els enquestats.

En aquest cas, veient els resultats de la prova de l'apartat 6.1 *Prova d'independència entre subgrups*, i tenint en compte que el projecte es centra en les condicions de confort en residències per a gent gran, s'ha decidit incloure en el pròxim anàlisi únicament a les persones residents al centre.

De la mateixa manera que abans, s'obté la taula de freqüències dels vots de la sensació tèrmica dels residents del centre en funció de l'espai on es trobaven.

			Sensació Tèrmica Residents					
			-1	0	1	2	3	Total
Sala	Biblioteca	Recompte	3	57	10	5	2	77
		% dins de Sala	3,9%	74,0%	13,0%	6,5%	2,6%	100,0%
	Gimnàs	Recompte	4	36	4	2	0	46
		% dins de Sala	8,7%	78,3%	8,7%	4,3%	0,0%	100,0%
	Sala TO	Recompte	4	22	4	2	0	32
		% dins de Sala	12,5%	68,8%	12,5%	6,3%	0,0%	100,0%
	Sala TV	Recompte	1	7	2	0	0	10
		% dins de Sala	10,0%	70,0%	20,0%	0,0%	0,0%	100,0%
Total	Recompte	12	122	20	9	2	165	
	% dins de Sala	7,3%	73,9%	12,1%	5,5%	1,2%	100,0%	

Taula 27: Freqüència de vots de sensació tèrmica per sala dels residents

La taula creuada presenta varies caselles amb valors molt baixos o fins i tot 0. Aquest fet pot comportar una pèrdua de significació alhora de realitzar la prova d'independència Chi-quadrat. Per tal d'evitar-ho és convenient agrupar les classes 1, 2 i 3 en un sol grup de vots.

			Sensació Tèrmica dels Residents			
			-1	0	1, 2 i 3	Total
Sala	Biblioteca	Recompte	3	57	17	77
		% dins de Sala	3,9%	74,0%	22,1%	100,0%
	Gimnàs	Recompte	4	36	6	46
		% dins de Sala	8,7%	78,3%	13,0%	100,0%
	Sala TO	Recompte	4	22	6	32
		% dins de Sala	12,5%	68,8%	18,8%	100,0%
	Sala TV	Recompte	1	7	2	10
		% dins de Sala	10,0%	70,0%	20,0%	100,0%
Total	Recompte	12	122	31	165	
	% dins de Sala	7,3%	73,9%	18,8%	100,0%	

Taula 28: Freqüència de vots de sensació tèrmica per sala dels residents

S'observa com la majoria de vots corresponen a una sensació tèrmica neutre. Seguidament el segon vot més freqüent es correspon a una sensació de calor a tots els espais.

A continuació es mostra la prova de la Chi-quadrat de Pearson.

	Valor	df	Significació asimptòtica (bilateral)
Chi-quadrat de Pearson	4,153 ^a	6	,656
Razón de verosimilitud	4,242	6	,644
N de casos vàlids	165		

a. 4 caselles (33,3%) han esperat un recompte menor que 5. El recompte mínim esperat es ,73.

Taula 29: Prova de Chi quadrat

Tenim un valor de significació superior a 0,05, per tant rebutgem la hipòtesi nul·la, les variables no són independents.

Per tant es pot concloure que la sala on es troben els residents no influeix en la sensació tèrmica dels mateixos.

6.3. Anàlisi de dependència entre variables quantitatives

Es realitzaran les correlacions per cada subgrup (residents i no residents) de manera diferenciada.

Per a realitzar les correlacions es prendran les variables sensació tèrmica (ST) i preferència (A) com a variables quantitatives.

6.3.1. Anàlisi de normalitat de les variables quantitatives

Abans d'analitzar les correlacions entre les variables quantitatives es realitza una prova de normalitat per tenir-ho en compte a les proves posteriors.

S'aplica la prova de Kolmogorov-Smirnov ja que la mostra és major a 50.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístic	gl	Sig.	estadístic	gl	Sig.
Nv aïllament de roba (CLO)	,072	195	,016	,982	195	,014
Tg (°C)	,143	195	,000	,905	195	,000
Ta (°C)	,163	195	,000	,942	195	,000
RH (%)	,213	195	,000	,801	195	,000
Tr (°C)	,146	195	,000	,888	195	,000
T op (°C)	,154	195	,000	,918	195	,000
Nv activitat (met)	,362	195	,000	,689	195	,000
T ext (°C)	,144	195	,000	,927	195	,000
HR ext (%)	,243	195	,000	,864	195	,000
Trm (°C)	,324	195	,000	,702	195	,000

Taula 30: Prova de normalitat

Això implica que per analitzar la dependència entre dues variables quantitatives utilitzarem proves no paramètriques com la Rho d'Spearman.

6.3.2. Anàlisi de correlacions dels residents

Es realitza la correlació de Spearman al grup de residents per les variables: sensació tèrmica, preferència, temperatura operativa, nivell d'aïllament de la roba, nivell d'activitat, humitat relativa interior i temperatura exterior.

			ST	P	Nv aïllament roba (CLO)	Nv activitat (met)	T op (°C)	RH (%)	T ext (°C)
Rho de Spearman	ST	Coefficiente de correlación	1,000	-,472**	,009	,175*	,276**	,023	,125
		Sig. (bilateral)	.	,000	,909	,024	,000	,765	,108
		N	165	165	165	165	165	165	165
	P	Coefficiente de correlación	-,472**	1,000	,103	-,046	-,058	-,177*	-,071
		Sig. (bilateral)	,000	.	,188	,559	,457	,023	,365
		N	165	165	165	165	165	165	165
	Nv aïllament roba (CLO)	Coefficiente de correlación	,009	,103	1,000	-,048	,055	-,050	-,019
		Sig. (bilateral)	,909	,188	.	,542	,486	,526	,809
		N	165	165	165	165	165	165	165
	Nv activitat (met)	Coefficiente de correlación	,175*	-,046	-,048	1,000	-,114	-,589**	,127
		Sig. (bilateral)	,024	,559	,542	.	,145	,000	,104
		N	165	165	165	165	165	165	165
	T op (°C)	Coefficiente de correlación	,276**	-,058	,055	-,114	1,000	-,028	,236**
		Sig. (bilateral)	,000	,457	,486	,145	.	,725	,002
		N	165	165	165	165	165	165	165
	RH (%)	Coefficiente de correlación	,023	-,177*	-,050	-,589**	-,028	1,000	,108
		Sig. (bilateral)	,765	,023	,526	,000	,725	.	,169
		N	165	165	165	165	165	165	165
	T ext (°C)	Coefficiente de correlación	,125	-,071	-,019	,127	,236**	,108	1,000
		Sig. (bilateral)	,108	,365	,809	,104	,002	,169	.
		N	165	165	165	165	165	165	165

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Taula 31: Correlació de Spearman per residents

Existeix una forta correlació negativa entre la sensació tèrmica i la preferència. A més calor (una sensació tèrmica major) els residents prefereixen abaixar la temperatura (preferència menor).

La sensació tèrmica també presenta correlació positiva amb la temperatura operativa, a major temperatura operativa, major nivell de sensació tèrmica (més càlid). El mateix amb el nivell d'activitat.

La temperatura operativa presenta també una correlació positiva significativa amb la temperatura exterior. En certa manera la temperatura de fora afecta a la temperatura interior tot i tenir un edifici climatitzat.

6.3.3. Anàlisi de correlacions dels no residents

Es realitza la correlació de Spearman al grup de no residents per les variables: sensació tèrmica, preferència, temperatura operativa, nivell d'aïllament de la roba, nivell d'activitat, humitat relativa interior i temperatura exterior.

			ST	P	Nv aïllament roba (CLO)	Nv activitat (met)	T op (°C)	RH (%)	T ext (°C)
Rho de Spearman	ST	Coefficiente de correlación	1,000	-,894**	-,438*	,262	,631**	-,275	-,046
		Sig. (bilateral)	.	,000	,015	,162	,000	,141	,811
		N	30	30	30	30	30	30	30
	P	Coefficiente de correlación	-,894**	1,000	,482**	-,145	-,491**	,112	,019
		Sig. (bilateral)	,000	.	,007	,444	,006	,557	,921
		N	30	30	30	30	30	30	30
	Nv aïllament roba (CLO)	Coefficiente de correlación	-,438*	,482**	1,000	-,305	-,199	,160	-,072
		Sig. (bilateral)	,015	,007	.	,101	,291	,399	,705
		N	30	30	30	30	30	30	30
	Nv activitat (met)	Coefficiente de correlación	,262	-,145	-,305	1,000	,036	-,267	-,245
		Sig. (bilateral)	,162	,444	,101	.	,850	,154	,192
		N	30	30	30	30	30	30	30
	T op (°C)	Coefficiente de correlación	,631**	-,491**	-,199	,036	1,000	-,451*	,253
		Sig. (bilateral)	,000	,006	,291	,850	.	,012	,177
		N	30	30	30	30	30	30	30
	RH (%)	Coefficiente de correlación	-,275	,112	,160	-,267	-,451*	1,000	,510**
		Sig. (bilateral)	,141	,557	,399	,154	,012	.	,004
		N	30	30	30	30	30	30	30
	T ext (°C)	Coefficiente de correlación	-,046	,019	-,072	-,245	,253	,510**	1,000
		Sig. (bilateral)	,811	,921	,705	,192	,177	,004	.
		N	30	30	30	30	30	30	30

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Taula 32: Correlació de Spearman per no residents

En general es presenten les mateixes relacions que amb el grup de residents, però de manera més accentuada.

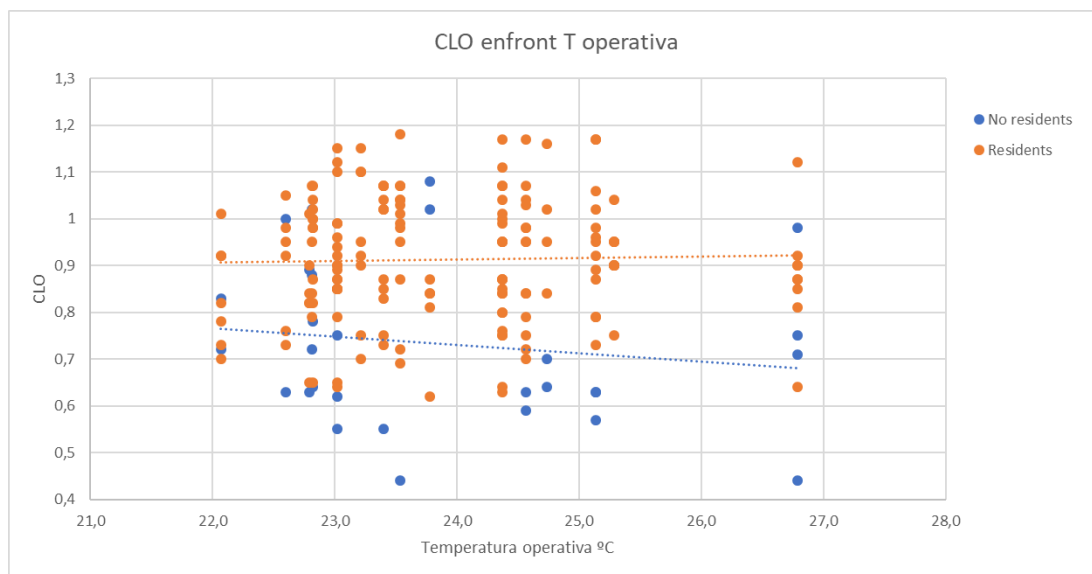
Pel grup de no residents, el nivell d'aïllament de la roba (CLO) presenta una correlació negativa amb la sensació tèrmica. Quan els no residents tenen calor es treuen roba, a més sensació tèrmica tendeixen a disminuir el seu nivell de CLO. Aquest fenomen no succeeix amb els residents.

6.3.4. Índex d'aïllament de la roba enfront de la temperatura operativa

A les correlacions de Spearman entre la sensació tèrmica i el nivell d'aïllament de roba pels residents i no residents s'observa un comportament diferent entre els dos grups.

Es procedeix a representar l'índex d'aïllament de la roba enfront a la temperatura operativa.

Els residents no presenten cap tendència amb l'augment o disminució de temperatura operativa, la representació de l'índex d'aïllament de la roba és un núvol de punts. Per l'altra banda, els residents presenten una tendència a disminuir el nivell d'aïllament de roba amb l'augment de la temperatura operativa.



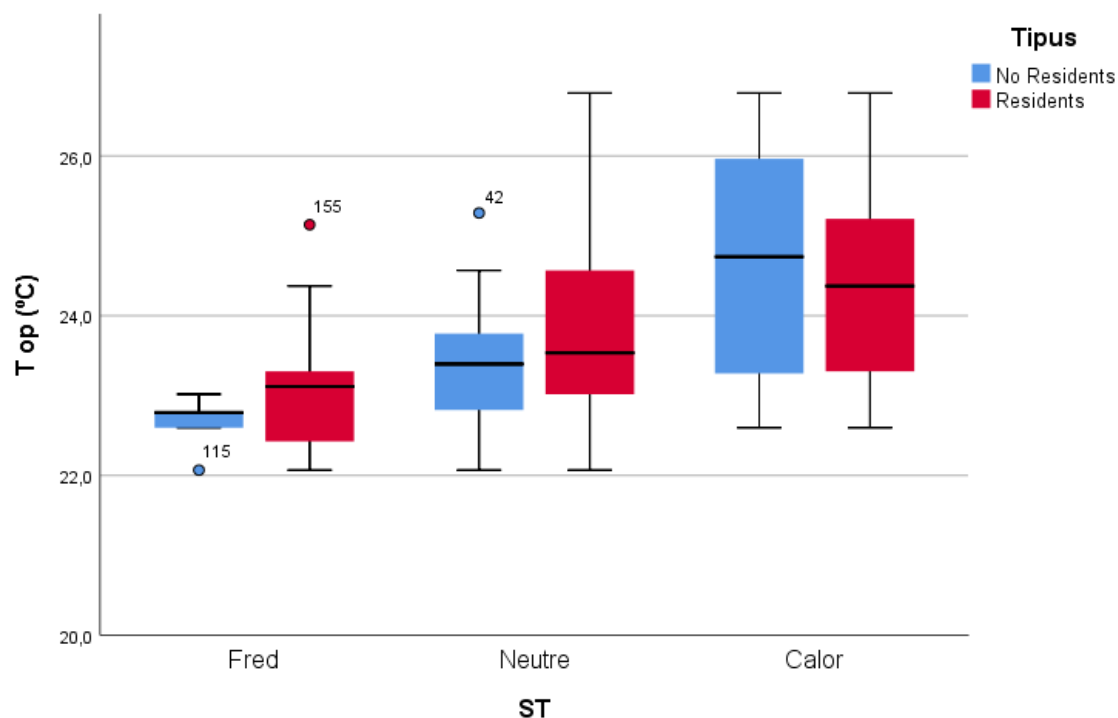
Gràfic 11: Nivell d'aïllament de roba enfront a la temperatura operativa

6.4. Anàlisi de dependència entre la ST, P i A i les variables quantitatives

Tenint en compte que la ST, P i A són variables qualitatives ordinals, per tal de veure la dependència d'aquestes variables amb d'altres tals com la temperatura operativa i el nivell d'aïllament tèrmic de la roba, s'utilitzen diagrames de caixes.

Els nivells de sensació tèrmica s'agrupen en tres grups: Fred per als vots negatius, Neutre per als vots 0, i Calor per als vots positius.

6.4.1. Sensació tèrmica enfront de la temperatura operativa



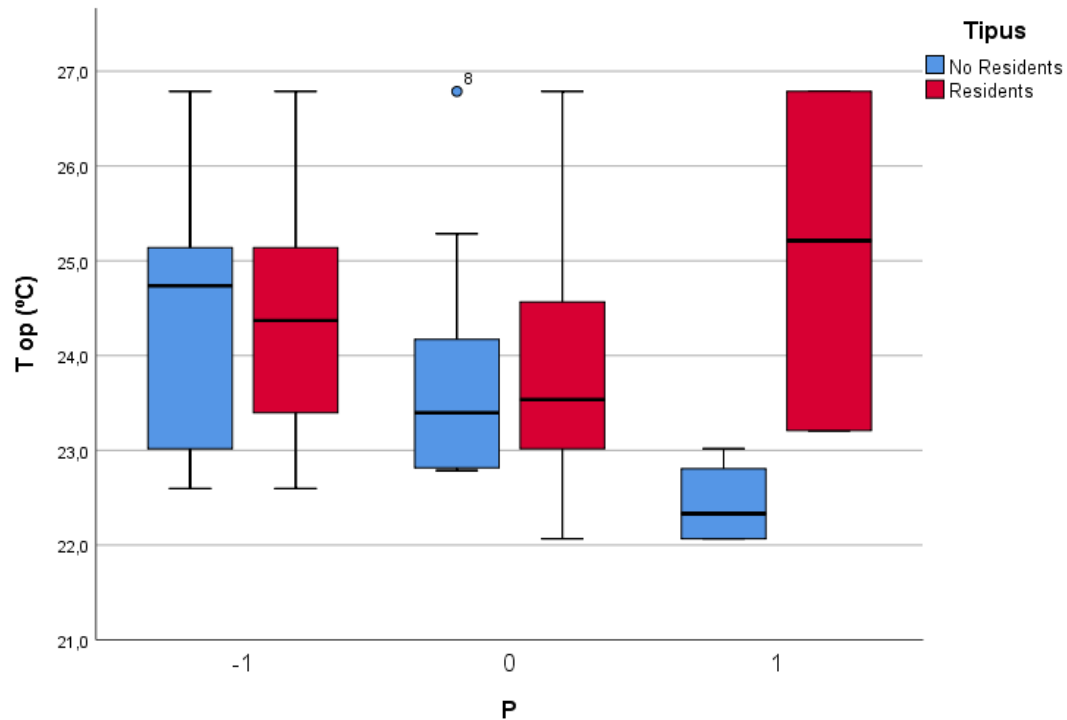
Gràfic 12: Diagrama de caixes entre la sensació tèrmica i la temperatura operativa

Els residents presenten un ampli ventall de temperatures operatives, de 22 a 26,5°C aproximadament, per a una sensació tèrmica neutre ($ST=0$). Pel que fa als no residents, la mediana és la mateixa que els residents, però el nivell superior de la caixa es situa a poc més de 24°C.

Per a sensacions tèrmiques majors a 0, és a dir, càlides o de calor, els residents presenten també ventalls de temperatures més amplis que els no residents.

La mediana per a una sensació freda pels residents és superior a la dels no residents. És a dir, la meitat dels vots d'aquest últim grup estava fins a 1 grau per sota que la meitat dels vots del grup dels no residents.

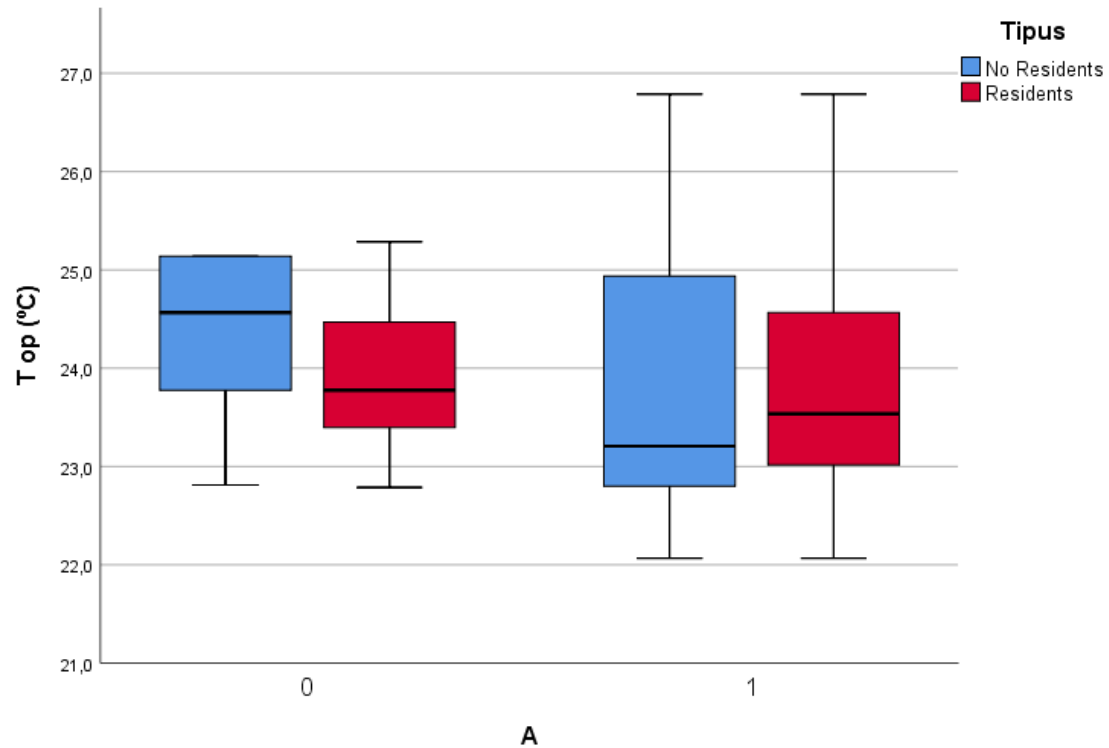
6.4.2. Preferència enfront de la temperatura operativa



Gràfic 13: Diagrama de caixes entre la preferència i la temperatura operativa

El grup de residents presenta un rang més ampli de temperatures operatives on la seva preferència és 0, és a dir, no volen ni augmentar ni disminuir la temperatura. Els no residents només volen apujar la temperatura ($P=1$) quan es troben a les temperatures operatives més baixes, mentre que els residents no presenten aquest comportament. Per a preferències negatives, voler abaixar la temperatura, el comportament d'ambdós grups es molt similar, essent el rang dels no residents lleugerament més ampli.

6.4.3. Acceptabilitat enfront de la temperatura operativa

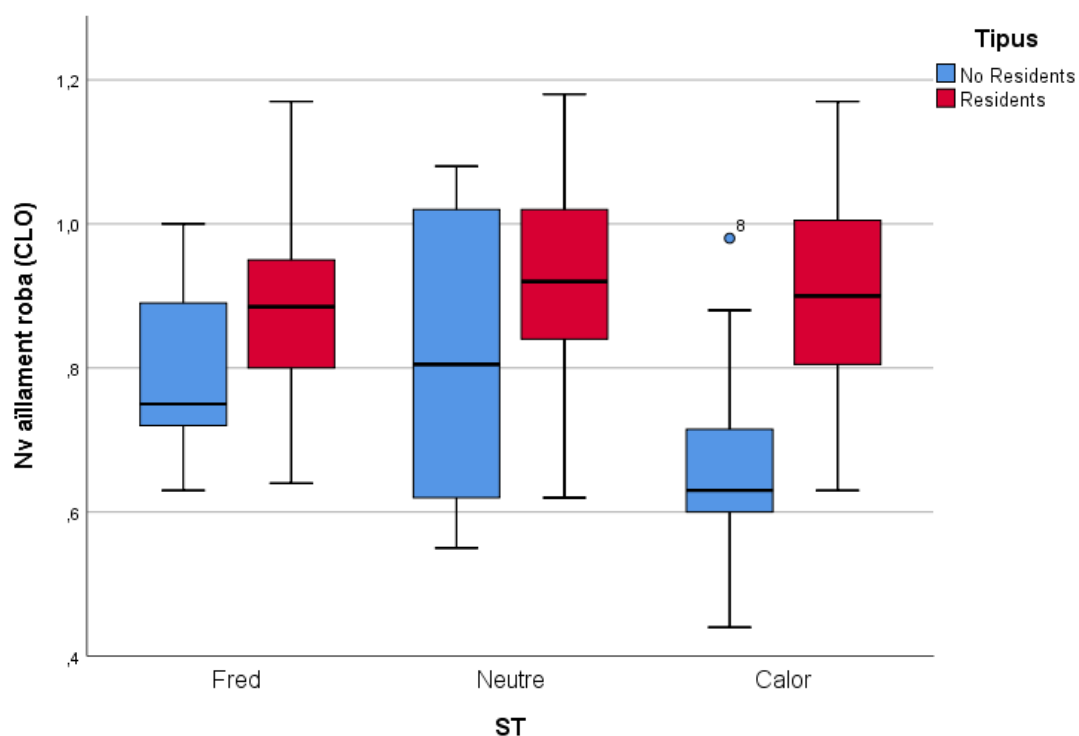


Gràfic 14: Diagrama de caixes entre l'acceptabilitat i la temperatura operativa

La mediana pel grup dels residents es lleugerament superior quan consideren les condicions acceptables.

Per a condicions d'inacceptabilitat passa el contrari, la mediana dels no residents és superior a la dels residents. El primer grup presenta un rang major de temperatures on no es troba conforme.

6.4.4. Índex d'aïllament de la roba enfront al vot de sensació tèrmica



Gràfic 15: Diagrama de caixes entre la sensació tèrmica i el nivell d'aïllament de roba

El grup d'enquestats residents presenten nivells d'aïllament de la roba (CLO) majors per a tots els nivells de sensació tèrmica.

6.5. Anàlisi del PMV (*Predicted Mean Vote*)

La variable de la sensació tèrmica (ST) es pren com a qualitativa per tal de poder comparar-la amb els *Predicted Mean Vote* (PMV) de les normatives.

Es realitza la correlació de Spearman entre els vots de sensació tèrmica obtinguts i els índexs de PMV calculats prenen nivells d'activitats i índexs d'aïllament de roba mitjans per cada espai. Es fa seguint les normatives ASHRAE-55 i EN-15251 i separant els residents i els no residents.

Espai	ST	PMV ASHRAE - 55	PMV EN 15251	Nv aïllament roba (CLO)	Nv Activitat (met)	T operativa (°C)	Humitat relativa (%)
Sala Teràpia Ocupacional	0,56	0,94	0,99	0,88	1,2	26,79	33,87
Gimnàs	0,05	0,4	0,49	0,9	1,4	23,02	35,56
Biblioteca	1	0,86	0,75	0,92	1,4	25,29	36,01
Biblioteca	0,43	0,42	0,47	0,95	1,34	23,21	36,42
Sala TV	0	0,25	0,3	0,98	1	24,74	36,06
Sala Teràpia Ocupacional	0,25	0,15	0,18	0,91	1,2	22,81	48,41
Gimnàs	0	-0,07	0,02	0,94	1	23,40	48,03
Biblioteca	0,1	-0,14	-0,07	0,94	1,04	22,82	48,21
Biblioteca	0	-0,01	0,02	0,97	1	23,54	45,94
Sala Teràpia Ocupacional	-0,43	-0,63	-0,58	0,84	1	22,07	46,41
Biblioteca	0,25	0,3	0,24	0,90	1,03	24,37	52,93
Sala Teràpia Ocupacional	0,17	0,16	0,18	0,90	1,2	22,60	53,55
Gimnàs	0,23	0,48	0,57	0,95	1	25,14	52,04
Sala TV	0,2	-0,11	-0,11	0,8	1	23,78	52,41
Biblioteca	0,29	0,32	0,35	0,92	1	24,57	51,63
Sala Teràpia Ocupacional	0	-0,34	-0,31	0,84	1	22,79	52,51

Taula 33: Sensació tèrmica i PMV dels residents per sala

			ST_R	PMV EN-15251	PMV ASHRAE-55
Rho de Spearman	ST R	Coefficient de correlació	1,000	,710**	,758**
		Sig. (bilateral)	.	,002	,001
		N	16	16	16
	PMV EN-15251	Coefficient de correlació	,710**	1,000	,990**
		Sig. (bilateral)	,002	.	,000
		N	16	16	16
	PMV ASHRAE-55	Coefficient de correlació	,758**	,990**	1,000
		Sig. (bilateral)	,001	,000	.
		N	16	16	16

** . La correlació es significativa en el nivell 0,01 (bilateral).

Taula 34: Correlació de Spearman entre el vot de ST i el PMV per a residents

Per al grup dels residents, el nivell de correlació entre els PMV calculats segons les normatives és molt alt, ja que entre ambdues els resultats discerneixen molt poc.

En relació als vots de sensació tèrmica dels residents, presenten una forta correlació significativa amb ambdues normatives.

			ST_NR	PMV EN-15251	PMV ASHRAE-55
Rho de Spearman	ST NR	Coefficient de correlació	1,000	,493	,503
		Sig. (bilateral)	.	,073	,067
		N	14	14	14
	PMV EN-15251	Coefficient de correlació	,493	1,000	,999**
		Sig. (bilateral)	,073	.	,000
		N	14	14	14
	PMV ASHRAE-55	Coefficient de correlació	,503	,999**	1,000
		Sig. (bilateral)	,067	,000	.
		N	14	14	14

** . La correlació es significativa en el nivell 0,01 (bilateral).

Taula 35: : Correlació de Spearman entre el vot de ST i el PMV per a no residents.

Espai	ST	PMV ASHRAE - 55	PMV EN 15251	Nv aïllament roba (CLO)	Nv Activitat (met)	T operativa (°C)	Humitat relativa (%)
Sala Teràpia Ocupacional	1,6	0,97	1	0,69	1,36	26,79	33,87
Gimnàs	-1,5	0,17	0,17	0,69	1,4	23,02	35,56
Biblioteca	0	0,89	0,87	0,9	1,4	25,29	36,01
Biblioteca	-	-	-	-	-	23,21	36,42
Sala TV	2	0,23	0,24	0,67	1,2	24,74	36,06
Sala Teràpia Ocupacional	0,67	0,43	0,43	0,87	1,4	22,81	48,41
Gimnàs	0	0,19	0,21	0,6	1,4	23,40	48,03
Biblioteca	0	-0,01	-0,01	0,78	1,2	22,82	48,21
Biblioteca	1	-0,82	-0,95	0,55	1	23,54	45,94
Sala Teràpia Ocupacional	-1	0,16	0,18	0,78	1,4	22,07	46,41
Biblioteca	-	-	-	-	-	24,37	52,93
Sala Teràpia Ocupacional	0	0,21	0,24	0,82	1,3	22,60	53,55
Gimnàs	2	0,62	0,58	0,61	1,4	25,14	52,04
Sala TV	0	0,26	0,31	1,05	1	23,78	52,41
Biblioteca	1	0,22	0,21	0,61	1,2	24,57	51,63
Sala Teràpia Ocupacional	-1	-0,02	-0,05	0,76	1,2	22,79	52,51

Taula 36: Sensació tèrmica i PMV dels no residents per sala

Per al grup de no residents la sensació tèrmica no presenta relació amb els PMV calculats seguin les normatives. Això es deu a la baixa quantitat de vots obtinguts de no residents (només una mostra de 30) que no han fet que sigui prou significatiu.

6.6. Anàlisi del PPD

Es calcula el percentatge de persones insatisfetes amb el vot d'acceptabilitat recollit durant l'avaluació subjectiva. Es realitza la mitjana per sala/període per tal de realitzar l'anàlisi.

Es realitza la correlació de Spearman entre els percentatges d'insatisfacció calculats de l'avaluació subjectiva i els índexs de PPD calculats prenen nivells d'activitats i índexs d'aïllament de roba mitjans per cada espai. Es fa seguint les normatives ASHARE-55 i EN-15251 i separant els residents i els no residents.

Per als residents s'obtenen els següents resultats.

Espai	PPD (%) EN-15251	PPD (%) ASHRAE-55	Insatisfacció (%)
Sala TO	26	25	0
Gimnàs	6	6	0
Biblioteca	22	22	0
Sala TV	6	6	15
Sala TO	9	9	15
Gimnàs	6	6	15
Biblioteca	5	5	0
Biblioteca	24	19	0
Sala TO	6	6	0
Sala TO	6	6	0
Gimnàs	12	13	67
Sala TV	7	6	50
Biblioteca	6	6	100
Sala TO	5	5	0

Taula 37: Insatisfacció i PPD per sala per a resident

			PPD EN-15251	PPD ASHRAE-55	Insatisfacció
Rho de Spearman	PPD EN-15251	Coefficient de correlació	1,000	,960**	-,657**
		Sig. (bilateral)	.	,000	,000
		N	165	165	165
	PPD ASHRAE-55	Coefficient de correlació	,960**	1,000	-,629**
		Sig. (bilateral)	,000	.	,000
		N	165	165	165
	Insatisfacció	Coefficient de correlació	-,657**	-,629**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	,000	.
		N	165	165	165

** . La correlació es significativa en el nivell 0,01 (bilateral).

Taula 38: Correlació de Spearman entre Insatisfacció i PPD per a residents

Per als no residents s'obtenen els següents resultats.

Espai	PPD (%) EN-15251	PPD (%) ASHRAE-55	Insatisfacció (%)
Sala TO	26	24	0
Gimnàs	10	8	0
Biblioteca	17	20	11
Biblioteca	10	9	0
Sala TV	7	6	0
Sala TO	6	5	25
Gimnàs	5	5	0
Biblioteca	5	5	27
Biblioteca	7	6	18
Sala TO	6	5	25
Biblioteca	6	7	11
Sala TO	6	5	0
Gimnàs	12	10	15
Sala TV	5	5	20
Biblioteca	8	7	12
Sala TO	7	7	17

Taula 39: Insatisfacció i PPD per sala per a no residents

			PPD EN-15251	PPD ASHRAE-55	Insatisfacció
Rho de Spearman	PPD EN-15251	Coeficient de correlació	1,000	,979**	-,007
		Sig. (bilateral)	.	,000	,969
		N	30	30	30
	PPD ASHRAE-55	Coeficient de correlació	,979**	1,000	-,061
		Sig. (bilateral)	,000	.	,748
		N	30	30	30
	Insatisfacció	Coeficient de correlació	-,007	-,061	1,000
		Sig. (bilateral)	,969	,748	.
		N	30	30	30

** . La correlació es significativa en el nivell 0,01 (bilateral).

Taula 40: Correlació de Spearman entre Insatisfacció i PPD per a no residents

El percentatge d'insatisfacció dels residents presenta una correlació negativa amb els PPD calculats amb ambdues normatives.

En relació als no residents, no hi ha cap correlació significativa entre el percentatge d'insatisfacció dels mateixos i els PPD calculats segons normatives.

6.7. Models de confort

Es realitzen diferents models predictius per al grup dels residents.

El model adaptatiu amb el mètode de Griffith relaciona la temperatura de confort amb la *Running Mean Temperature*. També es realitza un model de regressió lineal per predir la sensació tèrmica en funció de diferents factors.

6.7.1. Model de regressió

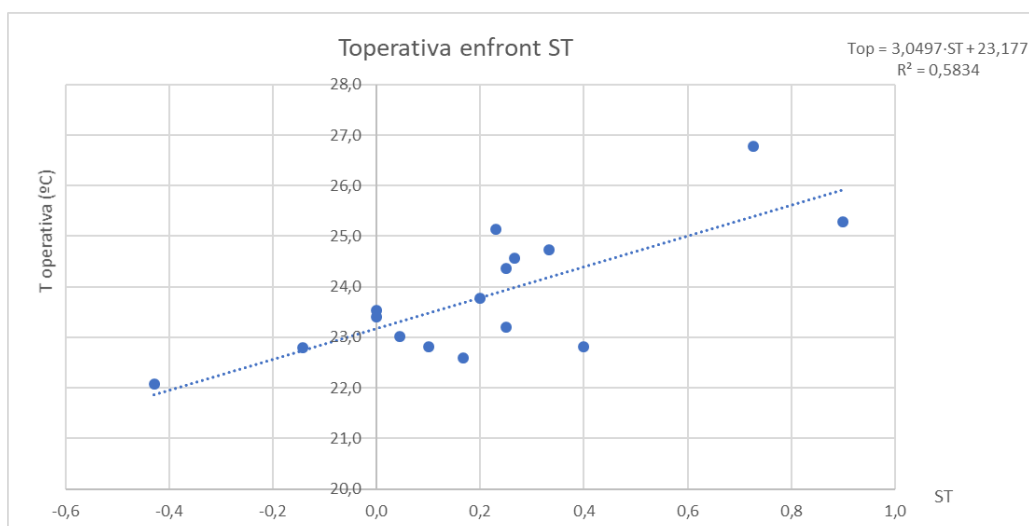
Per a la realització d'aquest model es representa la temperatura operativa en front a la sensació tèrmica i se n'extreu la regressió lineal.

$$T_{op} = a + b \cdot ST$$

Equació 24: Model de regressió lineal simple

Espai	ST	Top (°C)
Teràpia Ocupacional	0,56	26,8
Gimnàs	0,05	23,0
Biblioteca	1	25,3
Biblioteca	0,43	23,2
Sala TV	0	24,7
Teràpia Ocupacional	0,25	22,8
Gimnàs	0	23,4
Biblioteca	0,11	22,8
Biblioteca	0	23,5
Teràpia Ocupacional	-0,43	22,1
Biblioteca	0,25	24,4
Teràpia Ocupacional	0,17	22,6
Gimnàs	0,23	25,1
Sala TV	0,2	23,8
Biblioteca	0,29	24,6
Teràpia Ocupacional	0	22,8

Taula 41: Temperatura operativa i sensació tèrmica dels residents



Gràfic 16: Regressió entre la temperatura operativa i al sensació tèrmica

Tal i com diu Barbadilla et al. (2017) s'ha de realitzar una correcció al pendent degut als errors de l'aparell de mesura.

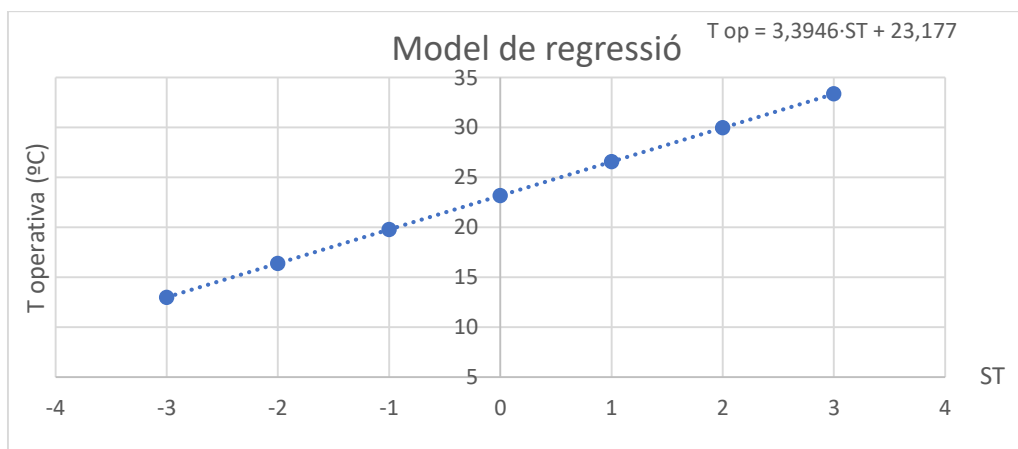
Ordenada a l'origen	Pendent	Variància Top	Variància del error	Pendent corregida
23,177	3,050	1,555	0,158	3,395

Taula 42: Components de la regressió

Finalment el model de predicció queda com:

$$T_{op} = 3,395 \cdot ST + 23,177$$

Equació 25: Model de sensació tèrmica



Gràfic 17: Representació del model de sensació tèrmica

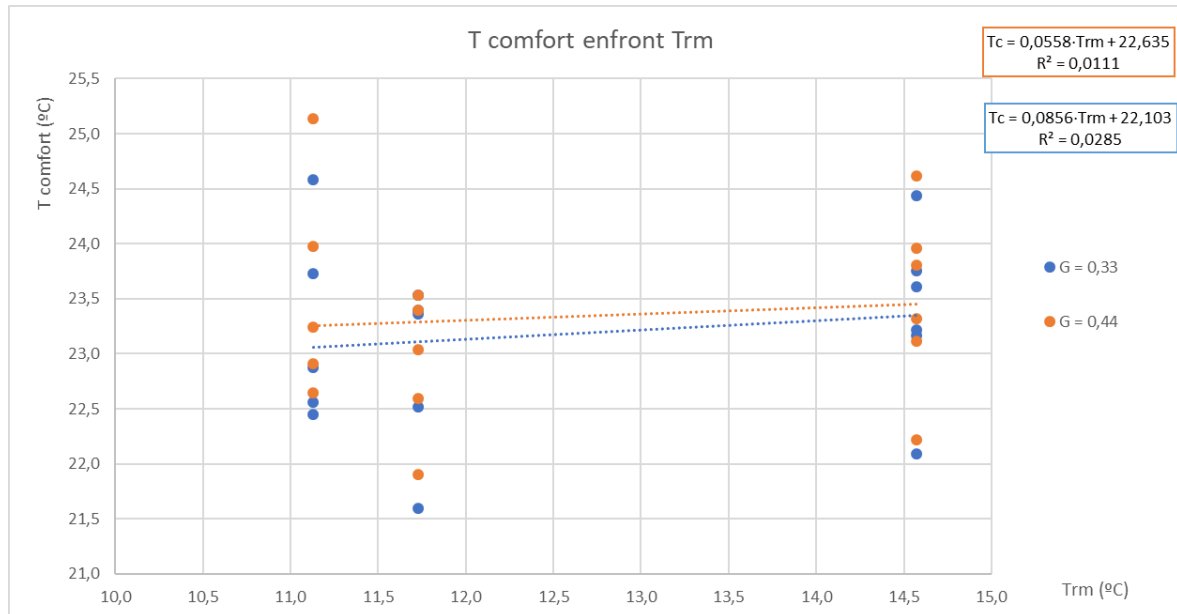
6.7.2. Model adaptatiu de Griffith

Per a realitzar el model adaptatiu de Griffith es calcula la temperatura de confort amb dos valors de la constant de Griffith G (0,33 i 0,44).

També es calcula la Trm (*Running mean temperature*) pels tres dies de recollida de dades.

Espai	ST	Top (°C)	T confort 0,33 (°C)	T confort 0,44 (°C)	Trm (°C)
Teràpia Ocupacional	0,56	26,8	24,6	25,1	11,1
Gimnàs	0,05	23,0	22,9	22,9	11,1
Biblioteca	1	25,3	22,6	23,2	11,1
Biblioteca	0,43	23,2	22,5	22,6	11,1
Sala TV	0	24,7	23,7	24,0	11,1
Teràpia Ocupacional	0,25	22,8	21,6	21,9	11,7
Gimnàs	0	23,4	23,4	23,4	11,7
Biblioteca	0,11	22,8	22,5	22,6	11,7
Biblioteca	0	23,5	23,5	23,5	11,7
Teràpia Ocupacional	-0,43	22,1	23,4	23,0	11,7
Biblioteca	0,25	24,4	23,6	23,8	14,6
Teràpia Ocupacional	0,17	22,6	22,1	22,2	14,6
Gimnàs	0,23	25,1	24,4	24,6	14,6
Sala TV	0,2	23,8	23,2	23,3	14,6
Biblioteca	0,29	24,6	23,8	24,0	14,6
Teràpia Ocupacional	0	22,8	23,2	23,1	14,6

Taula 43: Sensació tèrmica i temperatures per sala dels residents



Gràfic 18: Regressió entre la temperatura de confort i la Running Mean Temperature

La regressió del model amb el coeficient de determinació major és amb la que s'ha utilitzat una constant de Griffith de $G = 0,33$. S'obté un coeficient de determinació baix degut a que només es tenen tres valors de T_{rm} (tres dies de recollida de dades).

$$T_c = 0,086 \cdot T_{rm} + 22,103$$

Equació 26: Model de confort adaptatiu per a residents

6.7.3. Model lineal de predicció de la sensació tèrmica per residents

Es realitza un model lineal que intenta predir el vot de sensació tèrmica per als residents a l'estació de l'hivern.

S'introdueixen totes les variables predictores les quals es van eliminant del model depenent de la seva significació. S'estableix un nivell de significació de 0,1 per l'eliminació de les variables.

S'utilitzen com a predictors: la *Running Mean Temperature* (T_{rm}), la temperatura operativa (T_{op}), l'índex d'aïllament de roba (CLO), el nivell d'activitat (met), la humitat relativa interior (HR%).

Model	Variables entrades	Variables eliminades	Mètode
1	Trm, Top, CLO, ACT, Hrint	.	Introduir
2	.	CLO	Retrocedir (criteri: Probabilitat de F-para-eliminar \geq ,100).
3	.	Trm	Retroceder (criteri: Probabilitat de F-para-eliminar \geq ,100).

a. Variable depenent: ST

b. Totes las variables sol·licitades introduïdes.

Taula 44: Variables entrades i eliminades del model de regressió

Model	R	R quadrat	R quadrat ajustat	Error estàndard de la estimació
1	,913 ^a	,833	,749	,15434
2	,911 ^b	,830	,769	,14817
3	,904 ^c	,817	,772	,14725

a. Predictores: (Constant), Trm, Top, CLO, ACT, Hrint

b. Predictores: (Constant), Trm, Top, ACT, Hrint

c. Predictores: (Constant), Top, ACT, Hrint

d. Variable depenent: ST

Taula 45: Resum del model

Model		Suma de quadrats	gl	Mitjana quadràtica	F	Sig.
1	Regressió	1,186	5	,237	9,960	,001 ^b
	Residu	,238	10	,024		
	Total	1,424	15			
2	Regressió	1,183	4	,296	13,471	,000 ^c
	Residu	,241	11	,022		
	Total	1,424	15			
3	Regressió	1,164	3	,388	17,897	,000 ^d
	Residu	,260	12	,022		
	Total	1,424	15			

a. Variable depenent: ST

b. Predictores: (Constante), Trm, Top, CLO, ACT, Hrint

c. Predictores: (Constante), Trm, Top, ACT, Hrint

d. Predictores: (Constante), Top, ACT, Hrint

Taula 46: Anova del model

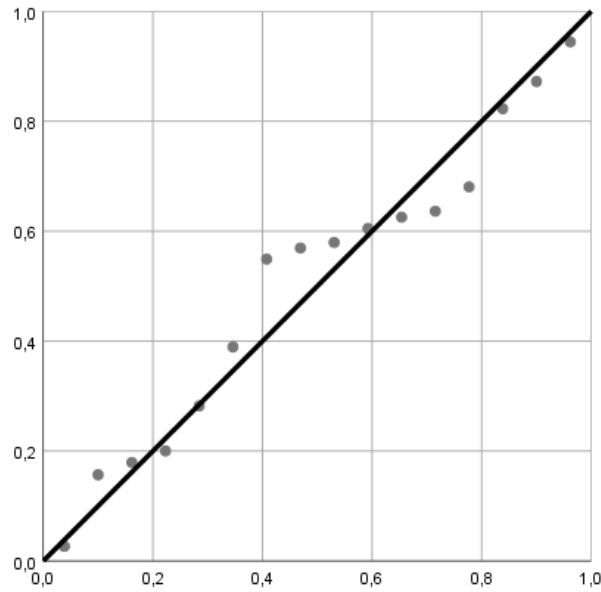
Model		Coeficients estàndards		Coeficients estàndards	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constant)	-7,696	1,585		-4,855	,001
	CLO	,332	,894	,054	,372	,718
	Hrint	,029	,016	,694	1,839	,096
	Top	,206	,045	,823	4,580	,001
	ACT	1,726	,365	,862	4,731	,001
	Trm	-,043	,062	-,223	-,702	,498
2	(Constant)	-7,413	1,335		-5,554	,000
	Hrint	,030	,015	,715	1,998	,071
	Top	,209	,042	,838	4,974	,000
	ACT	1,718	,350	,858	4,914	,000
	Trm	-,051	,055	-,264	-,923	,376
3	(Constant)	-6,852	1,181		-5,802	,000
	Hrint	,018	,007	,428	2,433	,032
	Top	,186	,034	,746	5,519	,000
	ACT	1,616	,330	,807	4,902	,000

a. Variable dependent: ST

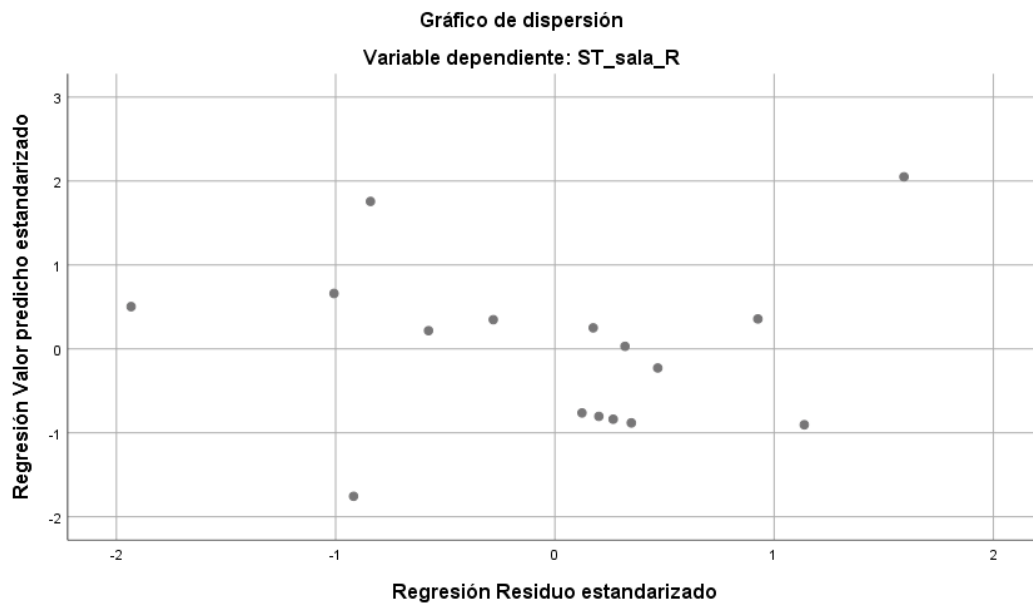
Taula 47: Coeficients del model de regressió

Dels tres models proposats s'escull el tercer degut a que és el més simple en quant a nombre de variables, mantenint un coeficient de determinació major a 0,8. Els factors significatius són la humitat relativa interior, la temperatura operativa i el nivell d'activitat.

Seguidament, el gràfic probabilístic normal, juntament amb el gràfic dels residus enfront dels valors previstos ens validen el model.



Gràfic 19: Gràfic probabilístic normal dels residus



Gràfic 20: Gràfic de dispersió dels residus

Un cop validades les hipòtesis de normalitat dels residus i variància homogènia el model predictiu del vot de sensació tèrmica és el següent.

$$ST = -6,852 + 0,18 \cdot Hr_{int} + 0,186 \cdot T_{op} + 1,161 \cdot Act$$

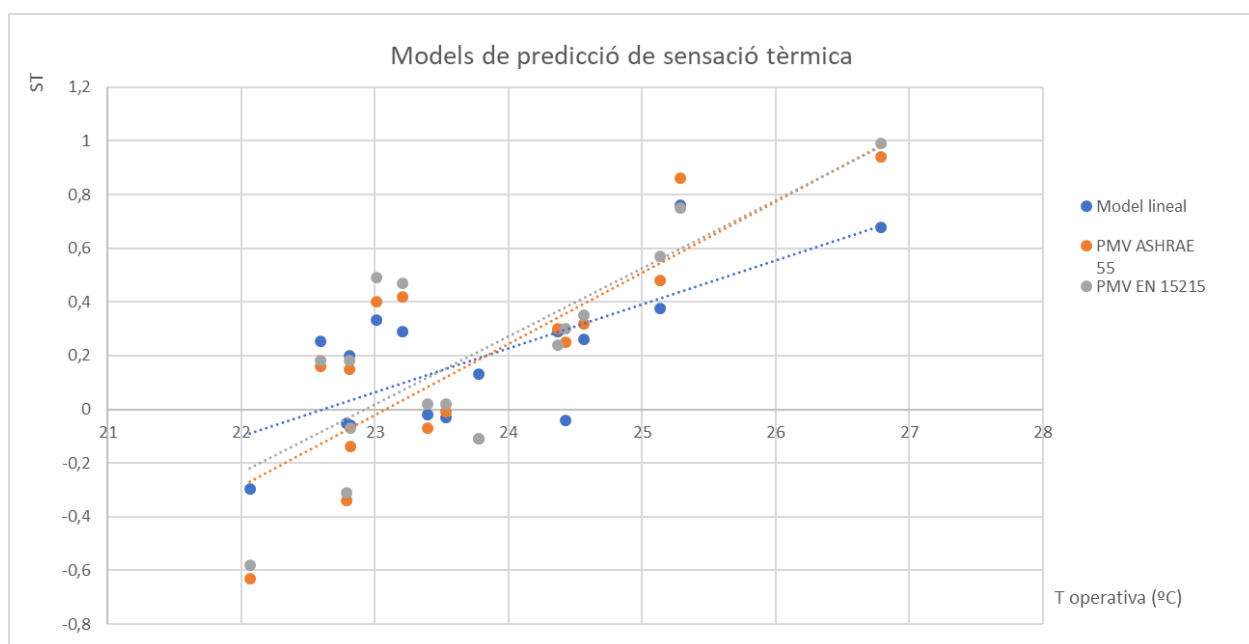
Equació 27: Model de regressió lineal de la sensació tèrmica

6.8. Comparatives dels models realitzats amb els existents

Es contrastaran els models de predicció proposats durant la realització del projecte amb els models de les normatives ASHRAE-55 i EN-15215, i d'altres autors.

6.8.1. Comparativa del model de predicció del vot de sensació tèrmica

S'han obtingut les respostes de sensació tèrmica del model de regressió lineal per a les condicions de temperatura operativa, humitat relativa interior i nivell d'activitat de les mostres dels residents en mitjana per cada sala/ període. Aquests resultats s'han representat en funció de la temperatura operativa conjuntament amb els resultats de PMV segons l'ASHRAE-55 i la EN-15251 per les mateixes condicions.



Gràfic 21: Models de predicció de sensació tèrmica enfront la temperatura operativa

Ambdues normatives presenten comportament pràcticament idèntics.

Pel que fa al model de regressió lineal, presenta un pendent inferior al de les normatives, predient una sensació tèrmica superior de fins a 0,2 més per a una temperatura operativa de 22°C. I realitzant una predicció menor de fins a 0,3 de sensació tèrmica amb una temperatura operativa de 27°C.

Segons el model, per mantenir un rang de sensació tèrmica d'entre -0,2 a 0,2 la temperatura operativa s'ha de mantenir entre els 21°C i els 24°C. Per l'altra banda les normatives proposarien mantenir-la entre 22°C i 24°C pel mateix rang de sensació tèrmica.

6.8.2. Comparativa dels models adaptatius

Es representa el model adaptatiu per a residents trobat amb el mètode de Griffith conjuntament amb els models realitzats per altres autors.

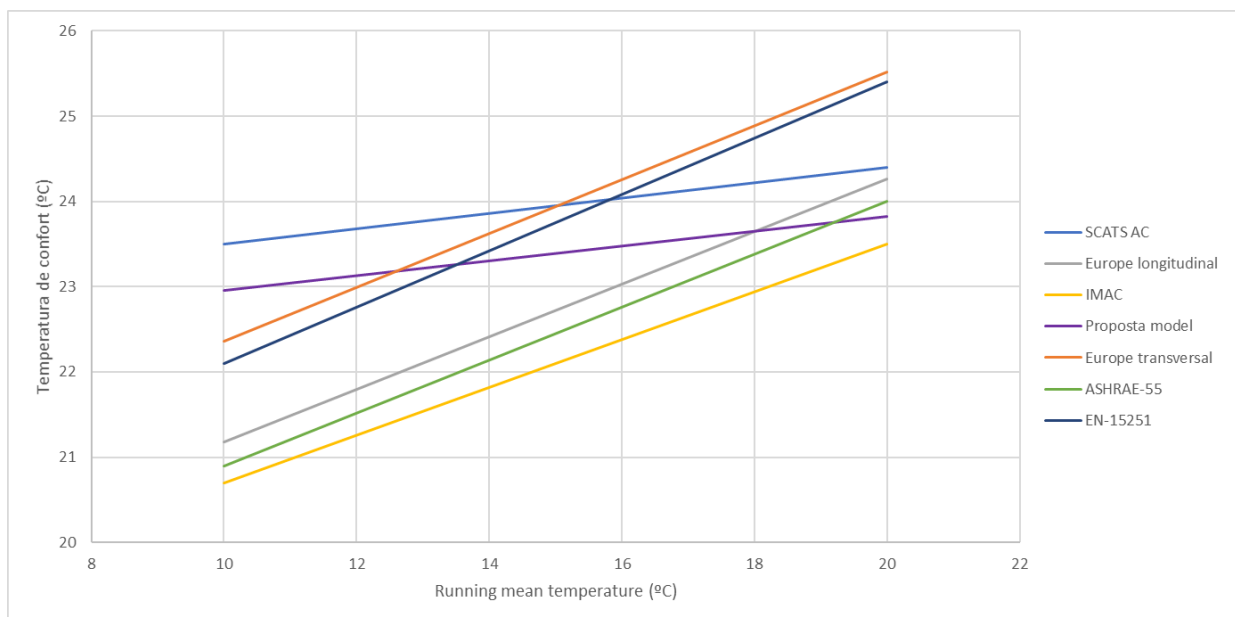
El model SCATS_AC (Nicol et al. 2012) fa referència als models de confort proposats per la EN-15251 basats en un projecte a cinc països de la Unió Europea a edificis climatitzats. És el model que presenta menys pendent.

Els models Europe_longitudinal i Europe_transversal fan referència a les equacions de confort proposades per Rijal et al. (2009). Es van realitzar els estudis a edificis amb ventilació natural a Grècia i al Regne Unit.

Manu et al. (2016) proposa el model IMAC per a edificis híbrids, és a dir, que presenten modes de funcionament de ventilació tant natural com forçada. És el model que presenta les temperatures de confort més baixes en aquest rang de *Running Mean Temperature*.

El model realitzat en aquest estudi amb el mètode de Griffith presenta una gran similitud amb el model de Nicol et al. (2012). Ambdós equacions s'han extret d'edificis que presenten climatització i són els que tenen els pendents menys elevats i pràcticament idèntics entre ells.

Per a les temperatures exteriors més baixes el model proposat indica temperatures de confort de fins a 2°C per sobre que el model de l'ASHRAE-55 i per temperatures exteriors més altes, fins a 0,5°C per sota que el model de la normativa EN-15251.



Gràfic 22: Comparativa de diferents models de confort adaptatiu

ID	Model de confort adaptatiu
SCATs_AC	$T_{\text{comfort}} = 0,09 \cdot T_{\text{rm}} + 22,6$
Europe_transversal	$T_{\text{comfort}} = 0,316 \cdot T_{\text{rm}} + 19,2$
Europe_longitudinal	$T_{\text{comfort}} = 0,308 \cdot T_{\text{rm}} + 18,1$
IMAC	$T_{\text{comfort}} = 0,28 \cdot T_{\text{rm}} + 17,9$
EN-15251	$T_{\text{comfort}} = 0,33 \cdot T_{\text{rm}} + 18,8$
ASHRAE-55	$T_{\text{comfort}} = 0,31 \cdot T_{\text{rm}} + 17,8$
Proposta model	$T_{\text{comfort}} = 0,086 \cdot T_{\text{rm}} + 22,1$

Taula 48: Equacions dels models de confort adaptatiu

7. Impacte ambiental

Tenint en compte la naturalesa i abast del projecte no es pot identificar cap impacte ambiental degut a la realització d'aquest.

El possible impacte ambiental que pot tenir aquest projecte és que s'apliqués algun dels models de confort trobats per a aquest grup de persones avaluades, ja que implicaria modificar les temperatures de consigna del centre, amb el consegüent augment, o disminució, de consum elèctric.

L'estudi posterior de l'aplicació i utilització d'algun dels models de confort determinats no entra dins l'abast del present projecte, i per tant, qualsevol impacte ambiental que pogués originar tampoc és objecte d'estudi dins d'aquest apartat.

8. Resum econòmic

El cost total la realització d'aquest estudi ascendeix a NOU MIL euros (9000,00 €).

El desglossament de les partides es mostra al document Pressupost.

9. Conclusions

Durant l'estudi actual s'ha analitzat el confort tèrmic d'un total de 165 residents i 30 no residents del centre residencial Sanitas Sagrada Família de Barcelona. S'ha monitoritzat les condicions ambientals de varies sales del centre i s'ha realitzat avaluacions subjectives de sensació tèrmica, preferència i acceptabilitat als ocupants.

Un cop realitzades les proves d'independència pertinents, es constata que els residents i els no residents es comporten de manera diferenciada en termes de sensació tèrmica. Per tant les dades han estat analitzades per separat per ambdós grups de la mostra.

La finalitat es comprovar si els models de confort tèrmic actuals són els indicats per a l'avaluació de la gent gran.

Les principals conclusions extretes de l'estudi són les següents:

- 1) La majoria dels ocupants residents es trobaven còmodes amb les condicions tèrmiques dels diferents espais del centre residencial. El 74% dels vots dels residents presentaven una sensació tèrmica neutre.
- 2) Només un 33% dels vots dels no residents presentaven una sensació tèrmica neutre, la meitat dels mateixos, un 50%, prenen un vot de sensació tèrmica càlida o de calor.
- 3) El grup dels residents no s'adapta a les condicions ambientals canviant el seu nivell d'aïllament de la roba, al contrari del grup de no residents.
- 4) Tant els enquestats residents com els no residents expressaven una relació inversa entre el seu vot de sensació tèrmica i la preferència. És a dir, amb sensacions tèrmiques més càlides presentaven voluntat d'abaixar la temperatura de l'estança.
- 5) El PMV calculat segons les normatives ASHRAE-55 i EN-15251 subestimen el vot de sensació tèrmica dels residents per a temperatures operatives de fins a 24 °C. Més enllà d'aquesta temperatura el vot queda sobreestimat.

- 6) El PPD o percentatge de persones insatisfetes calculat segons normatives no presenta cap mena de correlació amb el percentatge d'insatisfacció obtingut de les enquestes subjectives. Aquesta discrepància pot ser deguda a un mal enteniment de la pregunta d'acceptabilitat. El nombre reduït de la mostra també pot haver afectat a aquest resultat.
- 7) Les temperatures de confort obtingudes mitjançant el model de confort adaptatiu de Griffith són majors a les que proposa la normativa ASHRAE-55 (2010). Presenta una gran semblança amb el model SCATS_AC (Nicol et al. 2012).
- 8) Per a que els models proposats tinguin una major validesa s'hauria d'ampliar la mostra de l'estudi.

10. Bibliografia

ASHRAE. *Thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta, Georgia: ASHRAE Standard 55, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2010.

EN 15251:2007: *Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings- addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics*. CEN, Brussels.

Jiao, Y, Yu, H. Wang, Z. Wei, Q. Yu, Y. (2017) *Influence of individual factors on thermal satisfaction of the elderly in free running environments*, *Build. Environ.* 116 218:227.

ISO 7730:2006: *Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*.

Diwekar, Urmila. *Batch Processing: Modeling and Design*. CRC Press, 2014.

UNE EN 7726. *Ergonomía de los ambientes térmicos*. Instrumentos de medida de las magnitudes físicas.

Pablo Luna Mendaza: Nota Técnica de Prevención 322. *Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT*.

P. Fanger, Thermal comfort. *Analysis and applications in environmental engineering*., Copenhagen: Danish Technical Press, 1970.

HERNÁNDEZ, Agustín (coord.). *Manual de diseño bioclimático urbano*. Recomendaciones para la elaboración de normativas urbanísticas. Redacción: José FARIÑA, Victoria FERNÁNDEZ, Miguel Ángel GÁLVEZ, Agustín HERNÁNDEZ y Nagore URRUTIA. Colaboradoras: Carolina ASTORGA e Itxaso CEBERIO. Coordinación editorial y traducción al portugués: Artur GONÇALVES, Antonio CASTRO y Manuel FELICIANO. Bragança [Portugal]: Instituto Politécnico de Bragança, 2013.

F. Nicol, M. Humphreys, *Derivation of the adaptive equations for thermal comfort in free-running buildings in European standard EN15251*, Build. Environ. 45 (2010).

Barbadilla-Martín E, Salmerón Lissén JoséManuel, Martín JoséGuadix, Aparicio-Ruiz P, Brotas L, *Field study on adaptive thermal comfort in mixed mode office buildings in southwestern area of Spain*, Building and Environment (2017).

de Dear, R.J. and Brager, G.S. (1998) *Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference*. ASHRAE Transactions, 104, 145-167.

de Dear, R.J. and Brager, G.S. (2002) *Thermal Comfort in Naturally Ventilated Buildings: Revision to ASHRAE Standard 55*. Energy and Buildings, 34, 549-561.

Nicol, J.F. and Humphreys, M.A. (2002) *Adaptive Thermal Comfort and Sustainable Thermal Standards for Buildings*. Oxford Centre for Sustainable Development, School of Architecture, Oxford Brookes University, Oxford.

Schellen, L., Marken Lichtenbelt, van, W.D., Wit, de, M.H., Loomans, M.G.L.C., Frijns, A.J.H. & Toftum, J. (2010). *Thermal comfort, physiological responses and performance during exposure to a moderate temperature*.

Fanger, P.O. (1973) *Thermal Comfort*. McGraw-Hill Book Company, New York,

Oseland NA (2004) *A comparison of the predicted and reported thermal sensation vote in homes during winter and summer* *Energy Build.*, 21 (1) 4-54.

H.B. Rijal, M. a. Humphreys, J.F. Nicol, *Understanding occupant behaviour: the use of controls in mixed-mode office buildings*, *Build. Res. Inf.* 37 (2009) 381–396.

S. Manu, Y. Shukla, R. Rawal, L.E. Thomas, R. de Dear, *Field studies of thermal comfort across multiple climate zones for the subcontinent: India Model for Adaptive Comfort (IMAC)*, *Build. Environ.* 98 (2016) 55–70.

F. Nicol, M. Humphreys, S. Roaf, *Adaptive thermal comfort: Principles and practice*, *Routledge*, 2012.

World Bank Group (2019). World Development Indicators. Recuperat de:
<http://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/>

Servei Meteorològic de Catalunya (2019). Dades de l'estació automàtica del Raval.
Recuperat de: <http://www.meteo.cat/observacions/xema/dades>